Quaderni di informatica 23

Rassegna di tecnologia ed applicazioni degli elaboratori elettronici – Anno XI – Numero 2 –1984

ARCHIVIO STORICO
ASSOCIAZIONE POZZO DI MIELE
FPDM-68
RQDI-121

oneywell
eywell Information Systems Italia

Honeywell
Honeywell Information Systems Italia

Quaderni di informatica

Rassegna di tecnologia ed applicazioni degli elaboratori elettronici
Anno XI – Numero 2 – 1984

Sommario

I sistemi esperti

I sistemi esperti costituiscono lo stadio più avanzato della straordinaria evoluzione dell'elaboratore: la macchina non tratta più soltanto dati e informazioni, ma "conoscenza". L'articolo fornisce una spiegazione accessibile del non facile argomento, che si collega direttamente agli studi sulla intelligenza artificiale.

S. BANDINI

L'elaborazione personale: stato e prospettive

Il "personal computing" è un tema che la rivista ha già avuto occasione di trattare. L'incalzante procedere del settore rende opportuno fare un aggiornamento della situazione.

G. OCCHINI

Basi di dati distribuite

La distribuzione della base di dati è un fondamentale capitolo della teoria e della prassi dei sistemi di elaborazione distribuiti. L'autore ne parla alla luce di una vasta esperienza personale.

G.M. BOOTH

Il software: da arte a metodo

La fabbricazione del software procede ancor oggi generalmente sulla base dell'estro individuale. Eppure non mancano strumenti concettuali per un approccio più disciplinato e sistematico.

E. SPOLETINI

Computer e archeologia

È noto che l'elaboratore trova utile impiego nei campi e nelle discipline più disparati. Questo articolo ne offre un ulteriore esempio, come spiega l'autore che si occupa professionalmente di informatica e per diletto di archeologia.

C. FALCETTI

Direttore Responsabile
F. Filippazzi

Comitato di Redazione
A. Cicu, C. Falcetti, P. Lupo,
M. Nobile, G. Occhini
G. Rapelli, F. Sala

Redazione
Honeywell Information Systems Italia
Centro di Ricerca e Progettazione
20010 Pregnana Milanese (Milano)

Stampa
tipolito Maggioni s.a.s.

Autorizzazione del Tribunale di Milano
n. 93 del 20 Marzo 1974

«Quaderni di Informatica» ospita
articoli e contributi di varia provenienza.
La responsabilità delle opinioni
espresse rimane agli Autori.

La riproduzione di articoli
della rivista, o di parte di essi,
è consentita solo citando la fonte
e l'autore.

I Sistemi Esperti

Stefania Bandini
Istituto di Cibernetica
Università di Milano

1. Introduzione

È ormai divenuto un fatto quotidiano trovare articoli di rassegna intorno ai sistemi esperti su ogni tipo ed ordine di testate, così come è ormai esperibile lo spettro di atteggiamenti che accompagnano il fenomeno: dall'ottimismo più ingenuo fino al più ottuso rifiuto come estremi, ogni approccio è comunque sintomo di curiosità, interesse o semplice voglia di saperne di più.

Questa gamma di atteggiamenti non fa altro che rispecchiare i sentimenti contraddittori che hanno da sempre accompagnato la vita dell'Intelligenza Artificiale, disciplina madre dei sistemi esperti che, già dal suo evocativo nome, lascia trasparire la tradizione culturale in cui si insinua: dal sogno primordiale della costruzione di macchine che alleviassero la fatica dell'uomo (dalla leva al jet, per intenderci) fino al desiderio di evitare la più estenuante delle fatiche, pensare.

Nonostante i risultati tecnologici messi a disposizione dalla nostra era, la costruzione di una macchina in grado di compiere azioni di pensiero non ha finora avuto lo stesso successo ottenuto dagli altri settori dell'automazione.

È pur vero, d'altra parte, che la storia ha già pronunciato in altre occasioni sentenze sul moralismo che vede confini nelle possibilità della conoscenza umana: possiamo vedere il problema della conoscenza dei processi che generano e governano il pensiero come un grande enigma ancora da risolvere, terreno di sfida di molte discipline che hanno debellato l'"ignorabimus" dal loro vocabolario e tra le quali anche l'Intelligenza Artificiale trova un suo spazio di esistenza.

L'approccio dell'Intelligenza Artificiale, comunque, non ha avuto atteggiamenti velleitari in questa direzione; ciò di cui si occupa nella sua prassi di studio è la realizzazione di strumenti per descrivere e codificare le forme della conoscenza in modo così inequivocabile da poter essere trattate mediante un calcolatore.

I tentativi orientati alla costruzione di programmi in grado di affrontare qualsiasi tipo di problema e di risolverlo mediante tecniche e procedure di risoluzione generali (ad esempio il Risolutore Generale di Problemi di Newell e Simon) hanno ceduto il passo a progetti meno ambiziosi, più circoscritti ad un settore e che hanno fornito risultati più immediatamente valutabili.

Infatti, il bagaglio di esperienze sia teoriche che applicative accumulato dall'Intelligenza Artificiale per questa strada ha consentito di mettere a fuoco il fatto che era possibile risolvere con sistemi automatici problemi di una certa complessità solo restringendo opportunamente il campo applicativo (problemi specifici di determinati campi della conoscenza umana), ad esempio, impiegando metodi rivolti alla codificazione di una conoscenza organizzata di un ben determinato settore e, parallelamente, costruendo meccanismi di ragionamento di tipo generale ma parametrizzabili al fine di ottenere risultati significativi nel contesto.

I sistemi esperti sono un esempio dei successi ottenuti dopo questo abbassamento di tiro.

2. I sistemi esperti

Ogni programma incorpora in sè conoscenza intorno a qualche applicazione: nelle metodologie impiegate nell'Intelligenza Artificiale i "sistemi basati sulla conoscenza" (Knowledge Based Systems) sono pensati non come meri esecutori di algoritmi formalizzati dall'uomo, ma come programmi in grado di costruirsi autonomamente le procedure di calcolo necessarie alla soluzione del problema su una base della conoscenza opportunamente strutturata.

Un sistema esperto è un sistema basato sulla conoscenza la cui specifica caratteristica consiste nella sua capacità di trarre conclusioni da un insieme di conoscenze relative ad una ben precisa classe di problemi, registrate in una memoria sotto forma di regole simili a quelle usate dagli esperti umani per prendere decisioni nel loro campo di competenza.

Il patrimonio conoscitivo di un esperto, nella maggioranza dei casi, si avvale di due fondamentali aspetti: quello formale (nozioni acquisite sui libri e nei corsi specialistici) e quello euristico (esperienze e nozioni accumulate durante la pratica e la continua attività nel campo). Nella realizzazione di un sistema che deve

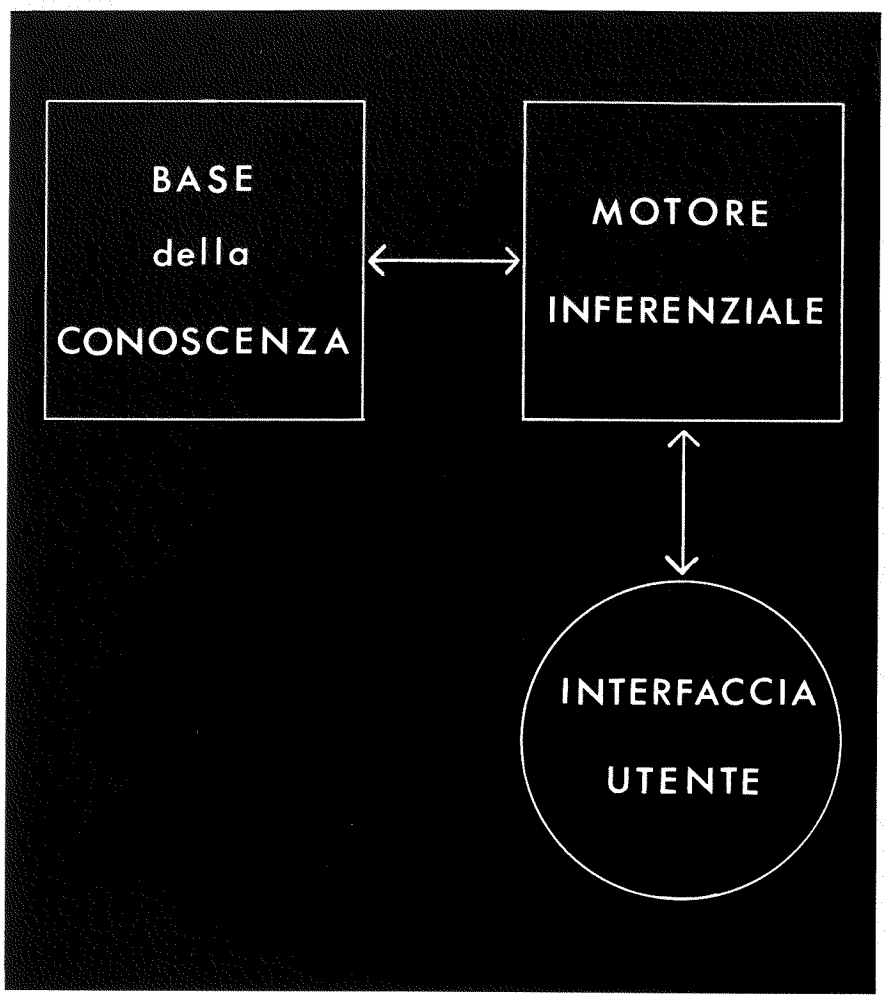


Fig. 1 - Schema della struttura di un sistema esperto.

RULE 050
PREMISE: (AND (SAME CNTXT INFECT PRIMARY-BACTEREMIA
(MEMBF CNTXT SITE STERILESITES)
(SAME CNTXT PORTAL GI))
ACTION: (CONCLUDE CNTXT IDENT BACTEROIDES TALLY. 7)

Traduzione in italiano di questa regola:

SE:

1. **L'infezione è una bacteremia primaria E**
2. **la posizione della coltura è una posizione sterile E**
3. **il sospetto canale di ingresso dell'organismo è il tratto gastrointestinale**

ALLORA: **Esiste una evidenza di fattore 0.7 che l'identità dell'organismo sia batteroide.**

Fig. 2 - Esempio di una delle regole che compongono la base della conoscenza del sistema esperto MYCIN.

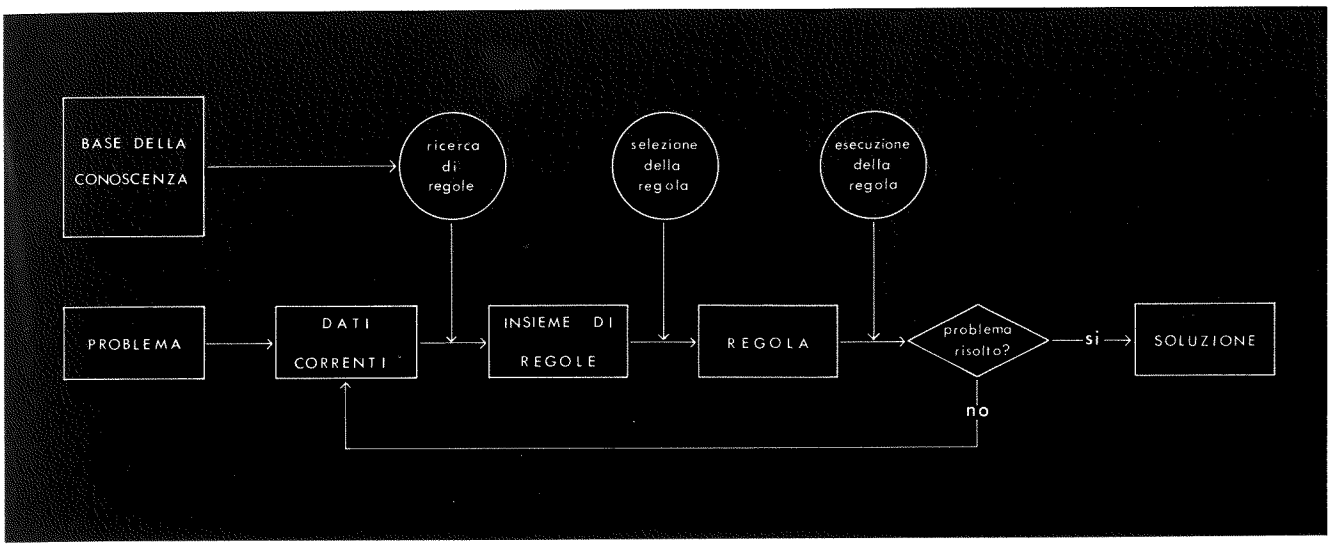


Fig. 3 - Schema del funzionamento di un sistema esperto.

trattare questi due fattori della conoscenza specialistica, senz'altro il secondo crea più problemi a livello di codifica: si tratta infatti di conoscenza non formalizzata e pertanto accompagnata da un alto grado di imprecisione, strutturata più su metodologie rivolte all'approssimativo e alla ricerca per tentativi che non su tecniche esatte di calcolo. Formalizzare e strutturare queste conoscenze insieme a quelle già ben definite è un passo fondamentale nella costruzione di un sistema esperto.

La sua struttura, infatti, può essere schematicamente rappresentata con due fondamentali blocchi componenti (fig. 1): la "base della conoscenza" e il "motore inferenziale".

La "base della conoscenza" è un modulo contenente le nozioni e le relazioni riguardanti la specifica materia di cui il sistema esperto tratta, i fatti noti e le ipotesi correnti indagate. Tra le tecniche per la rappresentazione della conoscenza sviluppate negli ambienti dell'Intelligenza Artificiale, quella che più ha trovato impiego nella realizzazione dei sistemi esperti è quella che fa riferimento alle "regole di produzione": si tratta di costrutti dichiarativi strutturati condizionalmente del tipo "situazione → azione" (se A è verificato, allora segue B) (fig. 2) il cui insieme compone la base della conoscenza del sistema esperto.

Il "motore inferenziale" rappresenta l'altro fondamentale modulo di un sistema esperto: è un algoritmo di ricerca e selezione che agisce sulla base della conoscenza.

Tale meccanismo ha un funzionamento di tipo ciclico e si basa su azioni di tipo "riconoscimento → attivazione", confrontando i dati correnti provenienti dalla situazione particolare esterna con i dati contenuti nelle regole di produzione per giungere alla selezione di un certo numero di regole utili alla soluzione del problema. Tra queste, il motore inferenziale ha il compito di riconoscere la regola più appropriata e di passare alla sua attivazione (fig. 3).

Questo meccanismo di ricerca e selezione che percorre l'insieme delle regole di produzione agisce o per ricavare nuovi fatti (se, durante l'esecuzione, le frasi componenti la premessa sono tutte verificate, possiamo aggiungere la conclusione come nuovo fatto noto) o per dimostrare un'ipotesi (se un'ipotesi è la parte conclusiva di una regola ci si riconduce al nuovo obiettivo di dimostrarne la premessa). Queste due strategie sono conosciute rispettivamente come "foward chaining" e "backward chaining".

Come possiamo notare, le nozioni concettuali per la realizzazione di sistemi di questo tipo sono abbastanza elementari: resta di fatto, comunque, che la parte più difficile da compiere è la strutturazione della base della conoscenza: "The power of an expert system derives from the knowledge it possesses, not from the particular formalism and inferences schemes it employs", afferma E.A.Feigenbaum, uno dei pionieri della costruzione dei sistemi esperti. Data la complessità di questo compito, è venuta a delinearsi negli ambienti di studio e realizzazione di sistemi esperti la figura dell'"ingegnere della conoscenza": si tratta di colui che, in uno stretto contatto con l'esperto umano, ha il compito di rendere formalizzate sotto forma di regole di produzione tutte quelle nozioni (formali ed euristiche) che fanno dell'esperto lo specialista del suo settore.

Tale collaborazione è lunga e spesso difficile proprio per la natura non immediatamente codificabile di quelle conoscenze che sono caratteristiche della prassi dello specialista (fig. 4).

L'"ingegneria della conoscenza" fa uso di quell'insieme di metodologie e di tecniche volte a rappresentare la conoscenza nelle forme adatte per la loro elaborazione automatica.

3. Alcuni esempi

Abbiamo finora parlato della conoscenza degli esperti in modo molto

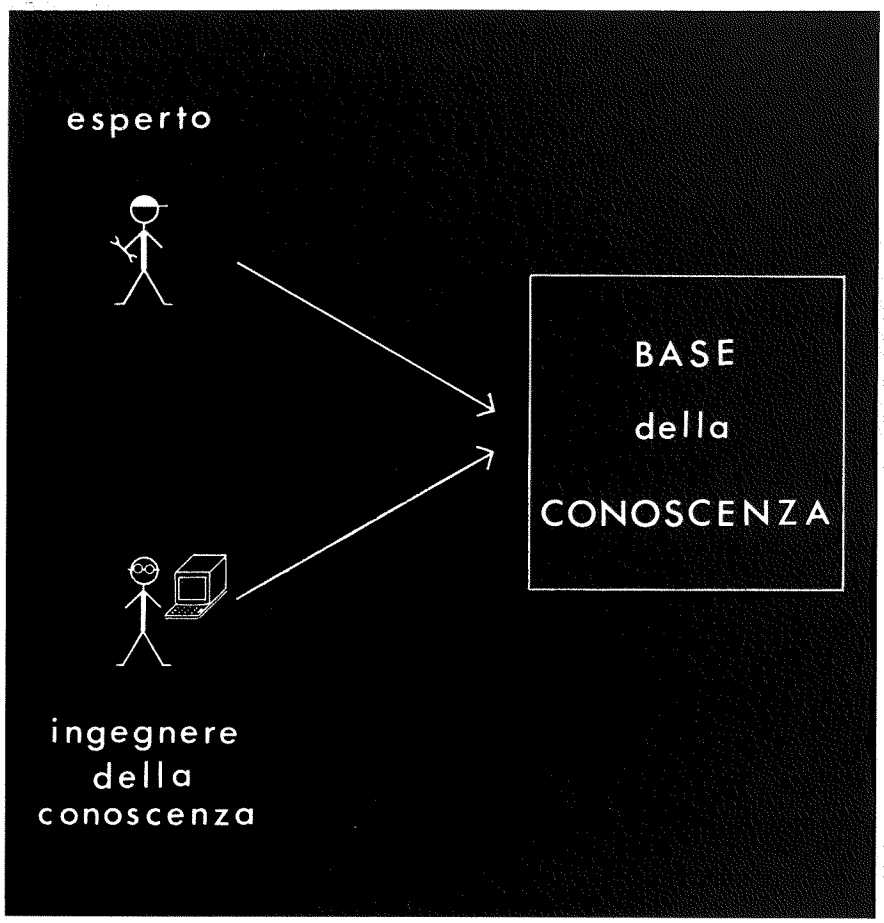


Fig. 4 - La base della conoscenza nasce dalla collaborazione tra esperto e ingegnere della conoscenza.

generico, attribuendo ad essa caratteristiche di euristicità, senza però entrare nel merito di quelli che sono i compiti specifici che l'esperto compie quotidianamente nel suo lavoro ed i problemi che egli risolve proprio grazie a questo tipo di conoscenza.

La chiarezza sulla natura dei problemi da risolvere è una qualità indispensabile nella costruzione di qualsiasi tipo di sistema e, a maggior ragione, nella realizzazione di sistemi che devono poter assistere o addirittura sostituire esperti umani.

Una schematizzazione dei task in cui può cimentarsi un sistema esperto è spesso stata fornita in letteratura: diagnostica, interpretazione, previsione, monitoraggio, configurazione e pianificazione sono i compiti classici che richiedono l'intervento di specialisti per essere svolti e sono un banco di prova per lo studio e la realizzazione di sistemi esperti, vista la grande portata di difficoltà che pongono e, dunque, la quantità di stimoli che rendono interessante la ricerca in questa direzione.

Vediamo comunque ora un pò più da vicino alcuni dei sistemi esperti realizzati, il settore in cui agiscono e il modo in cui trattano la conoscenza.

3.1 Il sistema Mycin

Spesso nella prassi degli specialisti vi sono problemi che richiedono giudizi e decisioni da esprimere in tempo molto breve, sotto la pressione dell'urgenza e dove, spesso, non tutti i dati sono subito disponibili o alcuni di essi sono poco affidabili: queste, insieme a molte altre, sono le difficoltà in cui vengono a trovarsi gli esperti di interpretazione e diagnosi, dove il problema di produrre inferenze da un insieme di fatti incerti ed oscuri viene affrontato quotidianamente.

Questo tipo di compiti è stato molto studiato nell'ambito dei sistemi esperti: uno dei primi approcci al ragionamento su dati incerti è stato affrontato con MYCIN, un sistema esperto nato a Stanford nel 1976 ad opera di E.H. Shortliffe.

MYCIN assiste il medico nella diagnosi di malattie infettive e nella selezione delle terapie per combatterle. La sua consultazione si rivela utile nel breve periodo (24 - 48 ore) seguente all'insorgere dell'infezione, in quei casi in cui le informazioni rilevanti necessarie per stabilire una diagnosi esatta non sono ancora disponibili e risulta quindi difficile specificare una terapia antibiotica opportuna.

La regola di produzione che avevamo illustrato nella fig. 2 è un esempio di una delle 500 regole che compongono la base della conoscenza di MYCIN.

Il valore "0.7" che compare nella parte "THEN" della regola è un fattore di certezza della "verità" della conclusione raggiunta. Tale numero è la somma algebrica di fattori di certezza e di incertezza attribuiti alle conclusioni; per ogni regola viene stabilita una stima su una scala che va da 0.1 a 1.0 dei fattori di certezza.

Una delle ragioni per cui non sono state adottate metodologie di tipo statistico per fornire criteri di certez-

za consiste nel fatto che, a parere del costruttore, il medico raramente ricorre all'uso di formalizzazioni di tipo statistico nella prassi diagnostica: il calcolo dei fattori di certezza come valori percentuali sulla verità o falsità della conclusione e molto più vicino alle metodologie del clinico.

MYCIN verifica la veritá delle conclusioni delle regole rilevanti con i fatti, utilizzando il metodo che più sopra abbiamo chiamato "backward chaining". L'output fornito da MYCIN è una lista di possibili diagnosi alternative, ognuna delle quali possiede un suo fattore di certezza.

Ognuna delle diagnosi è corredata da una opportuna terapia che il sistema fornisce in base a tutti i dati correnti sul paziente (peso, età, disturbi collaterali, etc.).

Una delle fondamentali caratteristiche di MYCIN consiste nel fatto che esso possiede delle procedure "HOW" e "WHY" giustificatorie di tutto il suo ragionamento. Per poter svolgere questo compito, MYCIN deve tenere traccia non solo delle linee di ragionamento accettabili che ha seguito, ma anche di tutte quelle invalidate che ha esplorato, insieme alle ragioni per cui sono state scartate. Un esempio di questo comportamento:

USER: WHY DIDN'T YOU GIVE TETRACYCLINE FOR E.COLI IN REC-1?
MYCIN: TETRACYCLINE was discounted for ITEM-1 (RECOMENDATION-1) because there is evidence that e.coli is not sensitive to it.

3.2 Il sistema R1

R1 è un sistema esperto usato per la configurazione del sistema VAX 11/780 della Digital Equipment Corporation realizzato ad opera di J. McDermott.
Dopo alcuni anni di ricerca di base presso la Carnegie-Mellon University, R1 ha cominciato ad entrare in funzione alla fine del 1978 e già solo dopo un anno dal suo avviamento applicativo è divenuto un valido supporto nella configurazione dei sistemi della DEC. Attualmente è stato predisposto un gruppo responsabile indipendente per la manutenzione e lo sviluppo di R1: da 1982 tale gruppo di lavoro ha raggiunto il numero di 14 elementi e può quasi ormai fare a meno del supporto degli specialisti della Carnegie-Mellon University.

La base della conoscenza di R1 è composta da circa 800 regole, di cui la seguente è un esempio:

IF the most current active context is assigning a power supply *and* a UNIBUS adaptor has been put in a cabinet, *and* the position it occupies in the cabinet (its nexus) is know, *and* there is space available in the cabinet for a power supply for that nexus, *and* there is an available power supply, *and* there is no H7101 regulator available,

THEN add an H7101 regulator to the order.

Le regole contenute in R1 fanno uso anche di una data base che descrive le proprietà di circa 400 componenti VAX; altre regole descrivono le relazioni temporali esistenti tra i sottocompiti per la determinazione del loro ordine di successione. La configurazione, infatti, può essere vista come un compito strutturato gerarchicamente in sottocompiti con interdipendenza temporale. La struttura della ripartizione in sottocompiti impiegata in R1 comprende 6 fasi:

1. correggere gli errori nell'ordinazione del cliente;
2. porre i componenti in una unità centrale di processo;
3. porre le scatole nelle cabine UNIBUS e riempire le scatole con i componenti adatti;
4. porre i pannelli nelle cabine UNIBUS;
5. portare fuori il sistema;
6. operare il cablaggio.

R1 accetta in input l'ordinazione del cliente e produce in uscita diagrammi che mostrano le relazioni spaziali esistenti tra i componenti. Qualora non fosse in grado di selezionare immediatamente il gruppo di componenti adatti per una determinata specifica funzionale, R1 è in grado di associare componenti ad altri che ne richiedano il supporto per essere configurati in modo corretto. Anche nel caso in cui il gruppo di componenti sia incompleto, R1 è in grado di aggiungere i componenti mancanti per l'esatta configurazione di tutto il gruppo.

Attualmente R1 è stato interfacciato con XSEL, un front-end realizzato per assistere lo staff di vendita nei rapporti con il cliente e le sue esigenze.

3.3 Il sistema VM

Alcuni compiti specialistici devono essere svolti nell'ambito di situazioni che cambiano nel tempo; la difficoltà fondamentale nella costruzione di sistemi esperti che trattano questo tipo di problemi è proprio quella di dare una rappresentazione corretta dell'andamento temporale delle situazioni.

Un esempio di questo tipo di approccio è rappresentato dal sistema VM (Ventilator Manager) costruito da L.M. Fagan nel 1980 e che ha il compito di interpretare dati provenienti dal monitoraggio di un paziente assistito dal polmone d'acciaio dopo un intervento chirurgico.

Lo stato del paziente determina il tipo di intervento di cui abbisogna durante il trattamento (per esempio, il flusso d'ossigeno) e VM deve tenere sotto controllo l'andamento dello stato e, contemporaneamente, sollecitare eventuali interventi.

Per questa applicazione il modello di ragionamento clinico seguito deve tenere conto delle informazioni ricevute dagli esami e dall'osservazione compiuta nel tempo per poter sviluppare inferenze. La conoscenza di VM è organizzata mediante quattro tipo di regole: di transizione, di inizializzazione, di stato e di terapia.

VM riceve periodicamente un insieme di dati provenienti dagli strumenti di misura e confronta i dati con le regole della sua base della conoscenza.

Le "regole di transizione" sono usate per stabilire quando lo stato del paziente è cambiato (per esempio, quando la sua richiesta di ossigeno

si fa più urgente). Qui un esempio di una regola di transizione:

IF the current context "Assist" *and* the respiration rate has been stable for 20 minutes *and* the I/EW ratio has been stable for 20 minutes

THEN the patient is on CMV (controlled mandatory ventilation)

Quando la premessa della regola di transizione è soddisfatta si è creato un nuovo contesto, dopo di che VM richiede l'uso delle "regole di inizializzazione" per adattare nuove informazioni al nuovo contesto. Queste regole riguardano la storia più recente degli stati del paziente per stabilire il quadro generale del nuovo contesto.

Praticamente, le regole di transizione governano il cambiamento di contesto, mentre le regole di inizializzazione si comportano come degli assiomi che stabiliscono cosa rimane invariato in un nuovo contesto.

4. Conclusione

Abbiamo visto, in modo molto generale, quale sia l'approccio adottato dalle metodologie dei sistemi esperti per risolvere alcuni tipi di problemi; abbiamo visto alcuni esempi significativi che, pur appartenendo a settori tra loro molto distanti, hanno in comune le caratteristiche sia della loro struttura interna che del modo in cui affrontano i problemi. Possiamo a questo punto fare qualche accenno a quelle che sono le difficoltà realizzative di questo tipo di sistemi.

In primo luogo possiamo notare che il tipo di conoscenza che essi incorporano è spesso di tipo euristico: questo significa che non esiste limite prefissato delle nozioni che occorrono per strutturarla e, contemporaneamente, un numero troppo elevato di nozioni annulla l'elasticità di tutto il sistema.

L'analisi accurata del tipo di conoscenza che si vuole attribuire a un sistema esperto dovrà pertanto passare attraverso una lunga serie di esami prima di stabilire la convenienza del suo impiego.

Un altro grande problema che riguarda i sistemi esperti concerne il tempo che è necessario per la loro realizzazione: molti sistemi esperti sono stati sviluppati da gruppi di ricercatori nell'arco di parecchi anni. Gli espedienti adottati per ridurre il tempo dello sviluppo riguardano la ricerca di mezzi automatici per la costruzione della base della conoscenza.

Va notato che questa strada attualmente ha fornito notevoli risultati sia per la messa a punto di ambienti di sviluppo per sistemi esperti che per la riduzione dei tempi di costruzione di basi della conoscenza.

È abbastanza immediato il fatto che il problema del risparmio di tempo di sviluppo di tali sistemi sia strettamente connesso a quello del risparmio del costo di realizzazione.

Questi tipi di difficoltà devono far riflettere sulle motivazioni che possono spingere ad operare investimenti in questa direzione; R.O. Duda suggerisce un elenco di cinque requisiti fondamentali che deve possedere una potenziale applicazione di sistemi esperti:

- la conoscenza e i dati riguardanti il dominio deve essere largamente reperibile già in forma di letteratura; tali informazioni devono essere documentate fattualmente più che in modo procedurale;
- alcune delle informazioni sul dominio devono avere caratteristiche di imprecisione, devono essere basate su esperienza accumulata negli anni da un certo numero di esperti del settore;
- il dominio stesso deve avere a che fare con operazioni molto costose la cui esecuzione da parte di un sistema esperto deve giustificare in termini di guadagno l'impresa del suo sviluppo;
- il problema deve essere logicamente divisibile in passi distinti e presentare una modularità per la sua rappresentazione;
- la conoscenza che deve trattare il sistema esperto deve avere carattere sostanziale ed appartenere ad un numero ristretto di specialisti di alto livello la cui consulenza sia molto ricercata e preziosa.

5. Bibliografia

[1] E. Du Bois-Reymond, I SETTE ENIGMI DEL MONDO, in "I confini della conoscenza della natura", Feltrinelli, Milano, 1973.

[2] A. Barr, E.A. Feigenbaum (Eds), THE HANDBOOK OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 3 voll., William Kaufmann Inc., Los Altos, CA, 1981.

[3] N.J. Nillson, PRINCIPLES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE, Tioga, Palo Alto, CA, 1980.

[4] P.H. Winston, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, Addison-Wesley, Reading, MA, 1977.

[5] P.H. Winston, R.H. Brown (Eds), ARTIFICIAL INTELLIGENCE. AN MIT PERSPECTIVE, MIT Press, Cambridge, MA, 1979.

[6] D. Mitchie (Ed), EXPERT SYSTEMS IN THE MICRO ELECTRONIC AGE, Edinburgh University Press, 1979.

[7] B.G. Butchnan, NEW RESEARCH ON EXPERT SYSTEMS, Artificial Intelligence Magazine, n. 10, 1982.

[8] R. Davis et al., PRODUCTION RULES AS A REPRESENTATION OF A KNOWLEDGE-BASED CONSULTATION PROGRAM, "Artificial intelligence", vol. 8, n. 1, 1977.

[9] F. Hayes-Roth, D.A. Waterman, D.B. Lenat, BUILDING EXPERT SYSTEMS, Addison-Wesley Publishing Co., Reading, MA, 1983

APPENDICE:

Prospetto dei principali sistemi esperti

MEDICINA:

Mycin
Realizzato per l'identificazione delle infezioni batteriche e delle terapie da adottare per combatterle.
(E.H. Shortliffe - Stanford University)

Tereisias
È un supporto che permette l'acquisizione automatica della conoscenza, mediante dialogo, di nuove regole per MYCIN.
(R. Davis, D. Lenat - Stanford University)

Internist
Sistema di consultazione nel campo della medicina interna.
(J.D. Myers, H.E. Pople - University of Pittsburg)

Puff
Si tratta di un sistema che fornisce l'interpretazione della funzionalità polmonare.
(J. Kunt - Stanford University)

Casnet
Sistema di diagnosi rivolto al campo dell'oculistica: permette l'identificazione di glaucomi.
(S. Weiss, C. Kulikowski - Rutgers University)

Vm
Il sistema permette il monitoraggio in tempo reale di un paziente sottoposto a terapia intensiva (polmone d'acciaio).
(L.M. Fagan - Stanford University)

Lito-1
Un sistema esperto per la valutazione delle funzionalità epatiche sviluppato presso l'Istituto dell'Informazione dell'Università di Torino.
(P. Torasso - Università di Torino)

Centaur
Interpreta misure di test del funzionamento polmonare in pazienti affetti da disturbi al sistema respiratorio.
(J.S. Aikins - Stanford University)

Headmed
Sistema utilizzato nei settori della psicofarmacologia.
(J.F. Heiser)

Mdx
Rappresenta diagnosi relative alla colostasi (ostacolo al deflusso del bile).
(B. Chandrasekaran - Ohio State University)

Onconcin
Assiste nel trattamento di protocolli chemioterapici nelle forme di linforma in pazienti affetti da cancro.
(E. Shortliffe, A.C. Scott - Stanford University)

Rx
Deriva conoscenze circa il decorso e il trattamento di malattie croniche da un database di informazioni sul paziente.
(R.L. Blum - Stanford University)

CHIMICA:

Dendral
Fornisce assistenza nell'analisi di spettri di massa molecolari di composti organici.
(E.A. Feigenbaum, B.G. Buchnan - Stanford University)

Crysalis
Permette l'identificazione della struttura delle proteine utilizzando i dati provenienti da cristallografie.
(R. Engelmore, H. Nil - Stanford University)

Secs
Viene utilizzato per la progettazione di sintesi organiche.
(W. Wipke)

Congen
Permette la ricerca della struttura molecolare di composti sconosciuti.
(R.E. Chartart - Stanford University)

GEOLOGIA:

Prospector
Fornisce analisi su dati ricavati da prospezioni minerarie.
(P.E. Hart, R.O. Duda - SRI International)

Dipmeter Advisor
È utilizzato nella ricerca di giacimenti petroliferi.
(R. Davis - Massachusetts Institute of Technology - Schlumberger Doll Research)

DIDATTICA:

Sophie
È un sistema che guida lo studente nell'apprendimento di metodologie per la progettazione di circuiti elettronici.
(D. Sleeman)

Guidon
Utilizza la base di conoscenza di MYCIN (malattie infettive del sangue), orientato, però, all'insegnamento delle metodologie di diagnosi piuttosto che alla diagnosi in se stessa.
(W.J. Clancy - Stanford University)

INGEGNERIA:

Sacon
Fornisce consulenze agli ingegneri sull'uso di procedure per l'analisi di strutture.
(J. Bennet, R. Engelmore - Stanford University)

El
Permette la sintesi di circuiti elettrici.
(G.J. Sussman - Massachusetts Institute of Technology)

Login
Permette lo sviluppo di strumenti di complemento o di supplemento per segnalazioni nel campo di sviluppo o di programmi.
(E.A. Feigenbaum, H.P. Nil - Stanford University)

Su/x
Formula ipotesi circa la locazione, la velocità etc. di oggetti da dati provenienti da segnali.
(E.A. Feigenbaum, H.P. Nil - Stanford University)

MECCANICA RAZIONALE:

Mecho
È un sistema che risolve problemi di meccanica razionale.
(A. Bundy et al. - Edinburgh University)

DIAGNOSTICA INDUSTRIALE:

Dart
Nato da una collaborazione tra IBM e l'Università di Stanford, fornisce tecniche avanzate per la diagnosi di guasti in sistemi di calcolo:
(J. Bennet, C. Hollander - Stanford University - IBM Corporation)

Idt
Si tratta di uno studio sulle metodologie da applicarsi nella diagnosi dei sistemi elettronici. È stato sviluppato in ambito Digital.
(H. Shubin et al. - Digital Equipment Corporation)

Delta-Cats
Sistema sviluppato presso la General Electric che si occupa della ricerca di guasti e la riparazione di grandi motori diesel.
(P. Bonissone - General Electric)

Speril
Sistema per la valutazione di danni a strutture statiche che sono state soggette a sollecitazioni (es. terremoti); utilizza informazioni rilevate da ispezioni visive effettuate in vari punti della struttura.
(M. Ishizuka, K Fu, J. Yao - University of Tokyo)

Al/x
Diagnostica la cause di interruzioni da allarme su piattaforme per la ricerca petrolifera.
(J. Reiter - Intelligent Terminals Ltd. - University of Edinburgh)

Crib
È utilizzato nella diagnostica di errori nello hardware e nel software dei calcolatori.
(T.R. Addis - International Computers Limited)

Raffles
Anche questo sistema riguarda le diagnosi nello hardware e nel software dei calcolatori.
(T.R. Addis - International Computers Limited)

CONFIGURAZIONE DI CALCOLATORI:

R1
È utilizzato per configurare il calcolatore VAX 11/780 partendo dai moduli di base che lo compongono. Questo sistema è stato sviluppato presso la Carnegie-Mellon University per conto della Digital Equipment Corporation.
(J. McDermott - Carnegie-Mellon University - Digital Equipment Corporation)

Xsel
Realizza un front-end di R1; coaudiuva il venditore per fornire una configurazione hardware/software per il VAX 11/780 sulla base delle esigenze del cliente.
(J. McDermott - Carnegie Mellon University)

MATEMATICA:

Am
È un sistema per la scoperta automatica di teoremi.
(D.B. Lenat - Stanford University)

Macsima
Viene utilizzato nella manipolazione algebrica.
(M.R. Genesereth - Massachusetts Institute of Technology)

SCIENZA:

Bacon 4
Realizzato per la scoperta di leggi scientifiche di carattere empirico.
(P. Langley, G. Bradshaw - Carnegie Mellon University)

Conche
Si tratta di un coadiuvatore per la formazione di teorie scientifiche.
(I.H. Chisholm, D.H. Sleeman - University of Leeds)

Gamma
Fornisce interpretazioni di spettri ottenuti con attivazioni di raggi gamma.
(D.R. Barstow - Yale University)

Molgen
Mette a disposizione strumenti intelligenti per lo studio della genetica molecolare nella pianificazione di sperimentazioni sulla manipolazione del DNA.
(J. Lenderberg, M. Stefik et al. - Stanford University)

L'elaborazione personale e le sue prospettive

GIULIO OCCHINI

Honeywell Information Systems Italia
Milano

1. Introduzione

La elaborazione personale, definita come possibilità di disporre a livello individuale di strumenti confrontabili, come potenza di calcolo, con i sistemi degli anni '60, e a prezzi inferiori a quelli di una normale autovettura, rappresenta la più recente manifestazione della cosidetta rivoluzione informatica e ulteriormente accentua la crucialità dei problemi da essa sollevati.

In termini tecnologici, si può affermare che l'elaboratore personale non sia altro che la conseguenza della crescita accelerata di capacità e della caduta dei costi di fabbricazione che contraddistinguono ormai da tempo i prodotti dell'industria componentistica.

In realtà l'avvento del microprocessore è il fatto specifico che condiziona l'apertura di questa nuova prospettiva; questo dispositivo, infatti, segna una svolta (fig. 1) nella logica tradizionale che fa corrispondere a livelli di integrazione sempre più elevati una decrescente flessibilità applicativa, e, con la sua struttura a logica programmata, consente produzioni su larga scala specializzabili per i singoli impieghi nei vari settori industriali.

Dal punto di vista sistemistico, questa nuova classe di prodotti si inserisce naturalmente nella linea evolutiva che, dalla esigenza di impiego interattivo dei sistemi di elaborazione e dai limiti che, in questo ambito presentano i grandi complessi centralizzati muove verso forme di distribuzione informatica con lo scopo, nel caso specifico, di estendersi ad interessare il singolo cittadino.

È ormai oggi acquisita la necessità

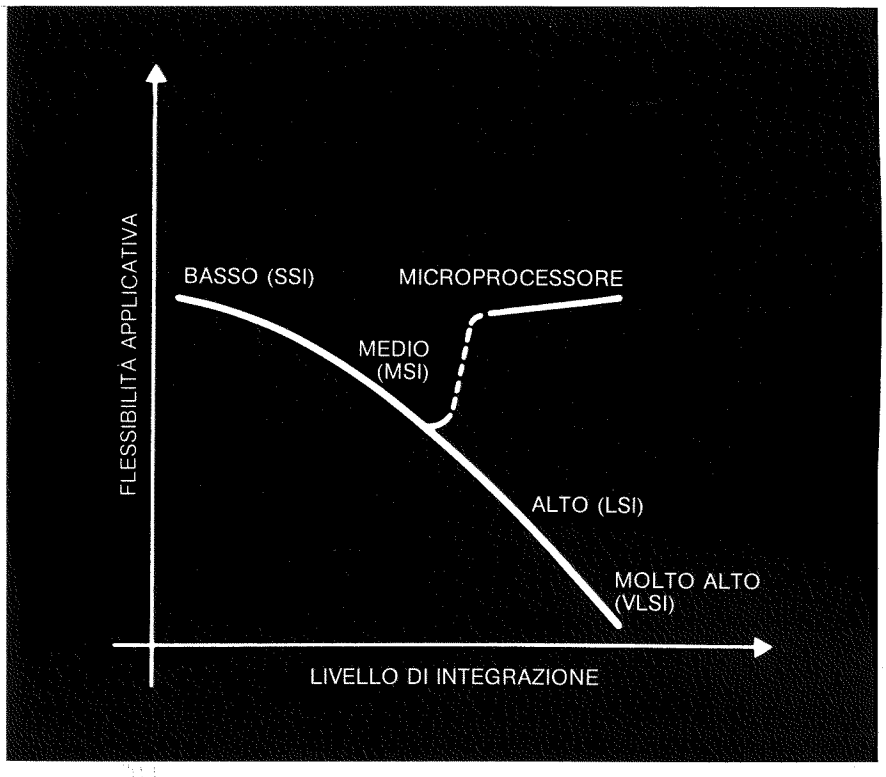


Fig. 1 - Il microprocessore rappresenta la soluzione del dilemma integrazione-flessibilità applicativa

che si diffonda a tutti i livelli una maggiore conoscenza di base degli aspetti della elaborazione elettronica dei dati, considerata l'importanza strategica che essa sta assumendo nella conduzione di tanta parte delle attività umane.

L'elaborazione personale sta diventando uno strumento privilegiato di diffusione di questa *computer literacy,* come gli americani amano chiamarla, in quanto può riuscire a rendere familiare l'elaboratore così come lo è oggi la televisione.

Molti elementi consentono di ritenere che questa sia la direzione in cui ci si sta muovendo e ci si limita qui a citarne alcuni tra i più significativi.

Negli Stati Uniti, dove per tradizione la scuola e la società sono più aperte e disponibili alla accettazione e applicazione della tecnologia, l'elaboratore personale è già oggi una realtà diffusa a tutti i livelli della educazione.

E non è tanto importante il suo impiego per la gestione amministrativa del sistema scolastico o come strumento per l'insegnamento della informatica, perché in ambedue i casi si tratta di impieghi relativamente tradizionali: ma piuttosto il ruolo che va assumendo di sussidio didattico "universale" valido per qualsiasi disciplina: dalla lingua alla fisica, dalla geografia alla storia.

In effetti la applicazione dell'elaboratore alla didattica o, in dizione anglosassone, il CAL (Computer Assisted Learning), dopo anni di problematiche sperimentazioni su sistemi di medio-grandi dimensioni e quindi di costi elevati, sembra aver trovato nel microelaboratore, grazie anche agli sviluppi sulle tecnologie didattiche, lo strumento per eccellenza di diffusione nel mondo della scuola e del lavoro [1].

La adattabilità intrinseca del CAL alla capacità di apprendimento individuale e la sua struttura tendenzialmente decentrata gli conferiscono senza alcun dubbio un ruolo strategico sia nel processo educativo istituzionale che nei problemi di riqualificazione professionale indotti dalla stessa "rivoluzione" informatica.

Non è quindi casuale che, da parte delle Nazioni più avvertite si sviluppino programmi ambiziosi in questo settore: basti citare, tra i più significativi, il progetto Can8 o quello Natal [2] a cura del governo canadese e il Diane [3] a cura di quello francese

In Inghilterra [4] e in Francia [5] è stato anche varato e ormai pressoché completato il programma di dotare di microelaboratori tutte le scuole secondarie, indipendentemente dal loro orientamento professionale, scientifico o umanistico, in vista dell'obiettivo strategico di fare dell'informatica una delle discipline di base per la formazione dello studente insieme alla lingua nazionale e alla matematica.

L'elaboratore personale, d'altra parte, ha trovato nella attività gestionale la sua area di maggiore diffusione e ciò lo ha fatto diventare uno dei principali strumenti della automazione del lavoro di ufficio.

La stazione di lavoro automatizzata di ufficio, infatti, differisce oggi sempre meno dalla apparecchiatura che verrà illustrata in questo capitolo.

Questo collocarsi al centro delle forze destinate a dare origine alla cosiddetta "società informatica" ha fatto del "personal", come si tende ormai a chiamare l'elaboratore personale, il "personaggio dell'anno 1982" secondo la rivista *Time.*

2. I fornitori di elaboratori personali

La tab. 1 presenta le configurazioni "tipo" di alcuni elaboratori personali offerti sul mercato italiano.

Prima di procedere all'esame delle caratteristiche di prodotto sono opportune alcune osservazioni sui fornitori:

- la Commodore Business Machine è nata come società specializzata in questo settore e ha acquistato la Mos Technology fornitrice del microprocessore 6502 che rappresenta il cuore dei suoi modelli. L'operazione è significativa della logica industriale che carat-

Tab. 1 – Alcune offerte di elaboratori personali sul mercato italiano (1983)

	Fornitori			
Prodotto	*Commodore Business Machines Inc.*	*Apple Computer Inc.*	*Olivetti & C. Spa*	*Honeywell Information Systems Italia*
Nome	Vic 64	Apple II Plus	M 20	Microsystem 6/10
Microprocessore (Cpu)	6502	6502	Z8000	specializzato
Memoria centrale	64KB	16-64KB	128-224KB	128-512KB
Unità video	Tv domestico o monitor esterno	Tv domestico o monitor esterno	Monitor 12"	Sino a 2 monitor di 12"
Memoria ausiliaria	Cassetta/disco flessibile	disco flessibile	disco flessibile	disco flessibile + disco rigido da 20 MB
Linguaggi	Basic, Forth	Basic, Fortran, Cobol, Pascal, Logo, Forth	Basic, Pascal	Basic, Fortran, Cobol, Pascal, Oas
Sistema operativo	CP/M	CP/M, Ucsd Pascal	Pcos, CP/M	GCOS6, CP/M, MS/DOS
Prezzo config. media	< 1 milione	~ 3 milioni	6÷12 milioni	6÷25 milioni

terizza la produzione di un prodotto a relativamente basso valore aggiunto, valore accresciuto tramite un processo di integrazione verticale;

- la Apple Computer nasce come fornitore di "scatole di montaggio" per appassionati: l'analogo cioé, aggiornato ai tempi, dei kit per radio e teleamatori. Insieme alla Commodore è oggi il più noto costruttore di "personal";
- l'Olivetti è una azienda che ha una consolidata immagina di fornitore di apparecchiature e sistemi per la meccanizzazione del lavoro di ufficio.
  Il suo ingresso nel mondo dell'elaboratore personale è significativo della importanza che questo strumento ha ormai assunto come stazione di lavoro di ufficio;
- la Honeywell è tradizionalmente un fornitore di informatica e l'elaboratore personale rappresenta un completamento della sua offerta di sistemi distribuiti: come tale è integrabile a livello di terminale "intelligente" nella sua architettura di rete (DSA).

3. La struttura attuale del prodotto

Per quanto riguarda i prodotti, la considerazione di fondo che emerge dalla tab. 1 è che essi possono catalogarsi in due categorie a seconda delle loro prestazioni: quella dei sistemi con prezzo variabile da qualche centinaio di migliaia di lire a 2-3 milioni massimo e quelli che partono da 9-10 milioni e si spingono fino ai 15-20.

Alla prima categoria si assegna convenzionalmente la denominazione di elaboratori "domestici" e alla seconda quella di "professionali", con ciò precisando l'ambito di impiego cui sarebbero dedicati.

Passando dalla prima alla seconda categoria si aumentano ovviamente le prestazioni in termini di capacità di memoria centrale e secondaria, di possibilità di elaborazione grafica, di dotazione di linguaggi e sistemi operativi, etc.

Dal punto di vista sistemistico la configurazione base è tuttavia comune a tutti e quattro i prodotti.

Si tratta di una apparecchiatura per uso individuale (una stazione di lavoro, massimo due per alcuni modelli) del tipo da tavolo, oggi ancora difficilmente trasportabile per l'ingombro e la fragilità della unità video.

Lo schermo, come si può vedere nei modelli più economici, può far parte della offerta o essere sostituito da quello domestico televisivo la cui collegabilità è comunque garantita (fig. 2).

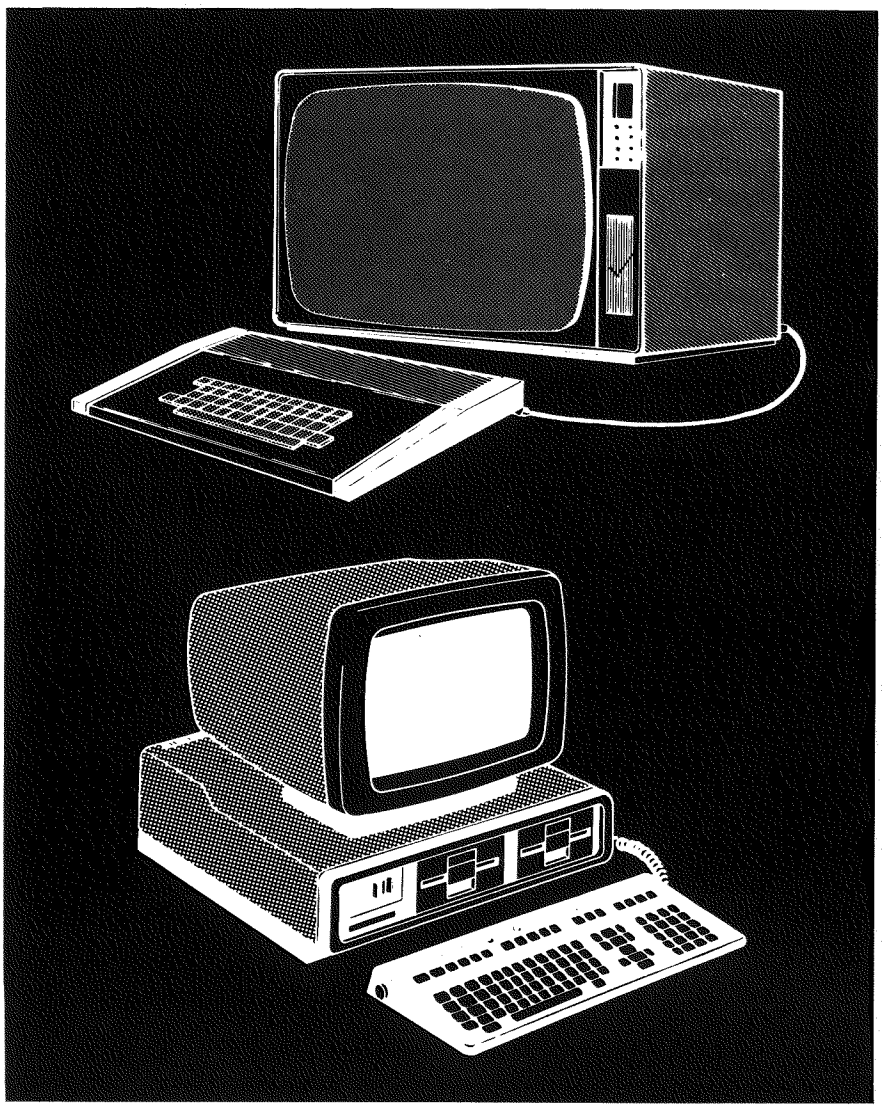


Fig. 2 - Personal di tipo professionale e di tipo domestico

La unità centrale è costituita da microprocessori standard o, nei modelli più evoluti, progettati *ad hoc.*

Il parallelismo di elaborazione è oggi per lo più di 16 bit con la logica programmata a firmware su memoria di sola lettura (Rom = *Read Only Memory*).

La capacità di memoria centrale è fortemente limitata nei modelli economici mentre in quelli più costosi può assumere valori massimi del tutto confrontabili con quelli degli elaboratori di classe superiore (mini elaboratori).

Per quanto concerne la memoria ausiliaria si va dal nastrino magnetico *(tape-cassette)* del tutto simile alle cassette musicali, al disco flessibile *(diskette)* di capienza variabile tra qualche centinaia di migliaia di "byte" (byte = 8 bit) e il milione: nei modelli più sofisticati si può anche disporre di un disco rigido che garantisca una superiore sicurezza e maggiori capacità (10 ÷ 20 milioni di byte).

La stampante, necessaria nei modelli professionali, è di tipo seriale e, in generale, di qualità oggi non particolarmente elevata (al limite della possibilità di utilizzarla per le applicazioni di composizione dei testi).

Questo nella dotazione normale: è tuttavia possibile il collegamento con modelli di qualità di stampa superiore (e quindi più costosi).

Infine, per tutti i modelli, è disponibile un dispositivo di collegamento alla rete telefonica che potenzialmente consente all'elaboratore personale di trasformarsi in un terminale di rete di sistemi distribuiti.

In realtà, l'inserimento organico in un sistema distribuito, può avvenire solo nell'ambito di una architettura di comunicazione comune ai vari nodi della rete e questo è oggi possibile solo per alcuni dei modelli professionali più evoluti.

La fig. 3 schematizza la struttura descritta dell'elaboratore personale.

4. Le prospettive di evoluzione del prodotto

La industria dei semiconduttori prevede di rendere disponibile entro il 1985 microprocessori con parallelismo di 32 bit e con 1 milione di byte di memoria sulla singola tessera di silicio [6].

Poiché le memorie incidono per circa il 50 per cento sul costo del sistema, questo ulteriore aumento della densità comporterà una conseguente rilevante riduzione di costi (e di prezzi).

Ma soprattutto, questi sviluppi consentiranno di superare agevolmente le attuali limitazioni dei programmi e nella capacità di gestione archivi.

Una seconda linea di tendenza individuabile è quella di estendere la microprogrammazione, cioé la parte di software depositata su memorie a sola lettura (Rom) che, tra l'altro, possono godere di impaccamenti ancora superiori, e quindi di costi minori rispetto a quelli delle memorie a lettura/scrittura (Ram).

L'estensione dell'impiego di Rom avverrà in aree applicative particolari quali la grafica e il calcolo in quanto la logica microprogrammata si presta particolarmente bene a sviluppare sistemi orientati a specifiche funzioni (vedi in particolare il punto successivo) relativamente stabili nel tempo.

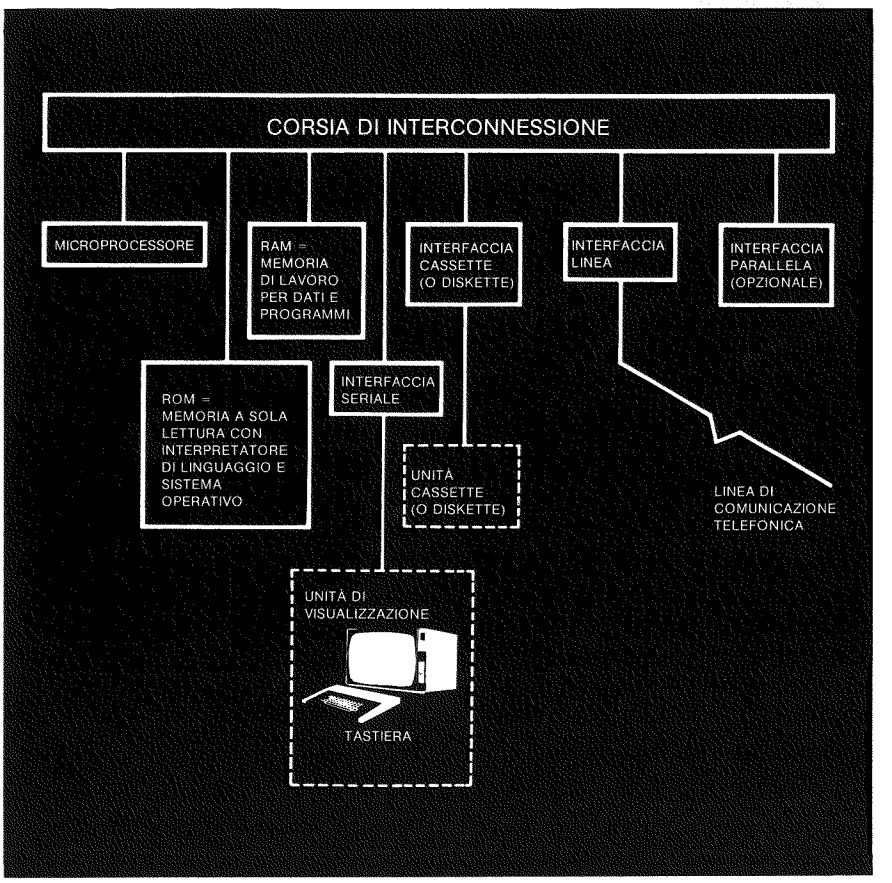


Fig. 3 - Struttura di un elaboratore personale

Per quanto riguarda la memoria secondaria, la diskette (o il nastro) continueranno ancora per molti anni a rappresentare la norma anche se, nei modelli professionali, sempre più frequentemente la diskette sarà affiancata dal disco rigido più affidabile e di maggiore capacità. La tendenza, in questo campo, sarà infatti non tanto di ridurre i costi, quanto di aumentare le prestazioni, come capacità di immagazzinamento e velocità di accesso, per far fronte alle crescenti esigenze di archiviazione e di elaborazione in rete.

Nuove tecnologie, e in particolare quella a bolle magnetiche, si ritiene possano costituire una alternativa concorrenziale non prima della seconda metà degli anni '80 [7].

Diverse sono invece le previsioni per le apparecchiature di visualizzazione e di stampa.

Nella prima area, nonostante i rilevanti vantaggi funzionali già oggi offerti dalla tecnologia al plasma rispetto a quella tradizionale (tra gli altri, la stabilità della immagine, che quindi non stanca gli occhi e la compattezza, che agevola la trasportabilità dell'intero sistema), non sono prevedibili mutamenti sostanziali a breve termine: la dimensione degli investimenti e le economie di scala che caratterizzano la produzione degli attuali schermi televisivi, rappresentano un obiettivo ostacolo* alla conversione a nuove tecnologie [8].

Nella seconda area, vi sarà un graduale miglioramento in termini di qualità e riduzioni dei costi; non è che manchino alternative rivoluzionarie alla attuale prevalente tecnologia di stampa seriale a matrice [9] ma nessuna pare in grado di soppiantare quest'ultima nel breve-medio termine quanto a efficienza.

D'altra parte, proprio le prospettive di mercato di una soluzione originale che magari riduca il costo della apparecchiatura a scapito di quello del singolo foglio stampato (come sarebbe ragionevole in un ambito di automazione di ufficio), stanno stimolando una intensa attività di ricerca che, prima o poi, non mancherà di dare i suoi frutti.

In un futuro, certamente però non di breve termine (fine degli anni '80), ci si può anche attendere un vero e proprio salto qualitativo nella comunicazione uomo-macchina attraverso la maturazione dei processi attualmente in fase sperimentale, relativi al trattamento logico della voce [10].

L'interfaccia uomo-macchina è d'altra parte una delle aree in cui è destinata a trovare largo impiego la crescente potenza di calcolo messa a disposizione dal progresso della tecnologia microelettronica.

Alcuni prodotti, già oggi sul mercato e destinati principalmente all'utilizzo di ufficio (come stazione di lavoro e di carattere quindi professionale nella accezione che precedentemente si è data a questo termine), presentano un interfaccia di tipo "iconico", che si esprime cioè non per scambio di messaggi scritti tra l'uomo e la macchina, ma piuttosto per selezione da parte del primo (magari mediante semplice tocco dello schermo sensibile) di "oggetti" quali la "posta" in arrivo, la "posta" in partenza, l'archivio personale, quello di gruppo, la stampante, etc..

Gli oggetti vengono rappresentati nella loro forma simbolica (iconica) sullo schermo e la esecuzione delle procedure che si vogliono su tali oggetti eseguire (leggerli, annotarli, distribuirli, archiviarli, elaborarli, stamparli, etc.) avviene attraverso opportuni tasti funzionali.

In sostanza, anche da questi brevi cenni risulta chiaro come l'elaboratore personale sia, per la sua stessa natura, destinato ad avvantaggiarsi per primo di tutti i principali sviluppi attesi nel prossimo futuro.

Di conseguenza non ci si può attendere in questa area un consolidamento della offerta nel medio termine, ma piuttosto un ulteriore accentuarsi della attuale varietà.

5. Il software

L'elaboratore personale viene oggi offerto corredato di una gamma senza precedenti di prodotti applicativi preconfezionati, di costo di acquisto limitato e ragionevolmente assistiti, che ne aumentano grandemente la vendibilità.

Solo pochi anni fa si poteva affermare che l'elaboratore personale fosse una macchina in cerca di applicazioni e l'utente che avesse voluto acquistarla per risolvere dei problemi concreti, dopo aver comprato l'apparecchiatura per pochi milioni di lire, avrebbe dovuto spenderne diverse decine per procurarsi i programmi necessari.

In altre parole, tutto faceva pensare che si stesse ripresentando, nel mercato della microelettronica, la situazione che aveva caratterizzato, negli anni '60, la apparizione del minielaboratore.

Anche in quel caso si faceva leva sui minori costi che la adozione di tecnologie d'avanguardia consentiva, ma si trascurava completamente l'aspetto software con il risultato che gli elaboratori gestionali, valutati come insieme di hardware, software di base, software applicativo e servizi di assistenza, riacquistavano ampiamente quella competitività che in termini puramente hardware non potevano mantenere.

Ciò che è avvenuto in questi pochi anni nella microinformatica ha inve invece cambiato radicalmente la situazione: si è trovato cioè un modo per rendere disponibile sul mercato software applicativo commisurato con il costo e la capacità della macchina. (È opportuno precisare che ci si vuole qui riferire a quei programmi di piccole o medio-piccole dimensioni che possono venire eseguiti in modo autonomo su questo tipo di macchine e che possono, a buon diritto, chiamarsi "software d'autore" in quanto concepiti e realizzati da una unica persona).

"Rendere disponibile" non ha significato tanto ridurre i costi di produzione quanto moltiplicare il numero egli utilizzatori in modo da ripartire su di essi la spesa e ideare delle modalità di distribuzione e assistenza che garantissero la economicità del servizio.

La chiave di volta di questa evoluzione consiste nel consolidamento di alcuni standard di base che, proposti da gruppi di ricerca o da socie-

* Il cambiamento di tecnologia può però essere accelerato dalla spinta sindacale a migliorare le condizioni di lavoro nell'ufficio automatizzato.

tà di software indipendenti, si sono ormai imposti a livello industriale.

5.1. Il CP/M

Il caso più noto e oggi più diffuso, è certamente quello del sistema operativo CP/M ideato e distribuito dalla società di software Digital Research Inc. di Pacific Grove (California). Il CP/M (Control Program for Microprocessor) è stato prodotto inizialmente per microprocessori Intel 8080 e Zilog 80 a 8 bit ma successivamente è stato esteso a 16 bit e dato in licenza praticamente a tutti i principali costrutturi di microelaboratori con disco flessibile (diskette).

La versione CP/M - 80/2.0 costa circa 150$ ed include, oltre al dischetto, sei manuali relativi al sistema operativo e al software di servizio associato.

Attualmente si ritiene che sia disponibile e utilizzato su non meno di 500.000 microelaboratori.

5.2. Il sistema UNIX

Un secondo caso, forse ancora più significativo per le sue prospettive, è quello dell'Unix che è esploso abbastanza recentemente dopo una decina di anni di incubazione.

Ideato da Ken Thompson all'inizio degli anni '70 nei Laboratori Bell, Unix è un sistema operativo di carattere generale, di tipo interattivo, destinato a sistemi di elaborazione con più utenti attivi contemporaneamente e sperimentato inizialmente su minielaboratori.

Nel 1979 iniziano gli sviluppi alla Università di Berkeley (California) e il loro successo è tale che oggi Unix sta affermandosi come il sistema operativo standard per i mini e microelaboratori a 16 bit e 32 bit di parola.

Contrariamente al CP/M che si propone, come obiettivo, la trasportabilità dei programmi da una macchina all'altra, Unix si propone di fornire un "ambiente di sviluppo" del tutto indipendente dall'hardware sottostante.

In altre parole, lavorando con Unix, risulta del tutto indifferente essere su un elaboratore personale oppure su un sistema di maggiore potenzialità quale un mini con più stazioni collegate o addirittura su una macchina gestionale del costo di diverse centinaia di milioni di lire.

Questa caratteristica lo ha fatto adottare in brevissimo tempo come strumento di supporto didattico da pressoché tutte le università statunitensi che hanno avuto dalla Bell una licenza d'uso a titolo gratuito.

Unix è certamente un sistema più potente e sofisticato del CP/M e, come tale, si rivolge anche ad una gamma di utenti con esigenze più professionali; molte aziende costruttrici lo impiegano come strumento di sviluppo del loro software e questo ulteriormente contribuirà a diffonderne la conoscenza e la applicazione.

Si può dire, in effetti, che già oggi nell'ambito degli informatici si stia creando una vera e propria "cultura Unix" che spazia dai grossi elaboratori ai mini e ai microelaboratori (tab. 2).

5.3. I linguaggi

Per quanto concerne i linguaggi di programmazione lo standard de facto è rappresentato dal Basic (Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code) linguaggio che, ideato negli anni '60 in ambito universitario statunitense per agevolare l'accesso degli studenti ai grossi elaboratori allora disponibili, per la sua praticità si è affermato come lo strumento di lavoro per eccellenza sul microelaboratore.

Oggi tutti i prodotti in questa area sono dotati di interpretatori e/o di compilatori Basic.

Ma un nuovo standard, il Pascal, si va gradualmente imponendo grazie ad una azione congiunta sviluppata dalle università (la principale promotrice è stata la University of California di San Diego) e da un certo numero di aziende produttrici.

Il Pascal è stato ideato da Nicklaus Wirth [11] e le ragioni di successo sono da attribuirsi al fatto che la sua struttura di linguaggio ben si attaglia alle moderne metodologie di progettazione e di sviluppo del software.

D'altra parte il suo impiego non è così immediato come quello del Basic e questa è la ragione per cui non è pensabile che quest'ultimo venga mai del tutto soppiantato.

Tra l'altro, gran parte delle librerie applicative per elaboratori personali sono oggi scritte in Basic.

La standardizzazione dei sistemi operativi e dei linguaggi non è però ancora sufficiente a garantire del software applicativo a basso prezzo e affidabile se non in presenza di una struttura di distribuzione che sappia commercializzarlo e assisterlo in modo economico.

6. Canali di distribuzione

Con qualche approsimazione gli operatori nel settore della elaborazione personale sono inquadrabili nella seguente tipologia:

- costruttori di sistemi;
- costruttori di hardware e tecnologie;
- società di software;
- distributori;
- case editrici.

6.1. Costruttori di sistemi

Si tratta delle tradizionali aziende di informatica che sono entrate nel settore dell'elaborazione personale con la finalità di completare la loro gamma di offerta.

L'orientamento strategico di queste case è verso una integrazione tra microelaboratore e stazione di lavoro di ufficio attraverso l'unificazione

Tab. 2 – Diffusione del sistema Unix in funzione del tipo di elaboratore

Tipo elaboratore	*1981*	*1982*	*1983*	*1984*	*1987*	*1990*
Micro	36,1	64,6	77,9	79,7	84,5	94,4
Mini	62,2	34,5	20,8	18,7	13,6	3,2
Grande	0,7	0,9	1,3	1,6	1,9	2,4
Totale	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

tecnologica e l'inserimento del prodotto nelle loro architetture di informatica distribuita.

Nonostante la articolazione in filiali, i costruttori di sistemi sono strutturati essenzialmente per la distribuzione di prodotti di carattere industriale ad alto valore aggiunto e non per la diffusione di un bene di consumo a basso costo come sta diventando il microelaboratore.

Di conseguenza, salvo che nei riguardi dei grandi utenti dove la apparecchiatura si inserisce in un sistema di informatica distribuita, la tendenza è di affidarne la commercializzazione ad agenti o distributori.

6.2. Costruttori di hardware e tecnologie

Questa categoria, cui appartengono alcune delle più note marche di elaboratori personali, continuerà a perseguire la redditività attraverso la produzione su larga scala di apparecchiature e dispositivi hardware.

In termini applicativi ciò significa che i loro prodotti, o passeranno attraverso intermediari, o si orienteranno a quei mercati nei quali la standardizzazione può garantire alti volumi: tipicamente il settore della contabilità, negli Stati Uniti assai più normalizzato che non da noi, quello dei giochi elettronici, in notevole crescita, quello del calcolo e della grafica (computer graphics) e quello del trattamento di testi.

I prodotti di queste aziende utilizzeranno al possibile gli standard di sistema operativo e di linguaggio sviluppati dalle società di software e saranno distribuiti tramite agenti o concessionari.

6.3. Società di software

In questa categoria sono presenti sia aziende che già dispongono di una solida esperienza acquisita negli anni '70 con i minielaboratori, sia aziende di recente costituzione attratte dallo sviluppo esplosivo del mercato dell'elaboratore personale.

Si tratta di un settore in continua crescita (un'indagine Assinform valuta nel 1983 in Italia una presenza di oltre 1100 società con circa 30.000 addetti) che offre una gamma di servizi estremamente variegati: dal software generalizzato (linguaggi, sistemi operativi, package di trattamento testi o di manipolazione di tabelle, etc.) alle applicazioni comuni (contabilità, package professionali per medici, notai, commercialisti, etc.) per arrivare alla messa in opera del sistema con relativo supporto di formazione e di assistenza all'utente.

In questo caso, operando da agenti o concessionari del fornitore della apparecchiatura ma ancora per un mercato relativamente limitato.

6.4. Distributori

Le aziende che ne fanno parte non hanno niente a che fare con l'informatica classica: la loro attività si caratterizza come un intelligente estensione al microelaboratore dei metodi di vendita al dettaglio già sperimentali nel campo prima della radiotecnica e poi dell'elettronica professionale.

Da queste esperienze deriva una logica di rapporti con l'acquirente assai diversa da quella sviluppatasi nella elaborazione dati, logica che si impernia sulla struttura del negozio o punto di vendita anziché su quella delle filiali e dei venditori.

Negli Stati Uniti sono oggi operative diverse migliaia di negozi, indipendenti o facenti parte di catene di distribuzione, e più di due terzi degli elaboratori personali venduti lo sono stati attraverso questo canale.

La tab. 3, tratta da [6], fornisce una stima della importanza relativa che i diversi canali di vendita sono destinati ad assumere entro la metà degli anni '80 e da essa risulta chiaro come il negozio sia la struttura vincente.

D'altra parte, non basta trattare il microelaboratore da bene di consumo per poterlo vendere come tale; e, in realtà, il successo di questa formula non sarebbe stato così netto se non fossero intervenuti a sostenerla diversi fattori concomitanti.

Tab. 3 – Importanza relativa dei canali di vendita di elaboratori personali nel 1985

Canale di vendita	*Percentuale*
Negozio	70
Distributore, agente o concessionario	25
Costruttore	5

6.5 Il negozio

Qual'è la struttura e il modo di operare di un tipico negozio di elaboratori personali? Ha un organico che va da un minimo di 3 persone a tempo pieno a un massimo di 10 e altrettante sono disponibili a tempo parziale; una giacenza di 600-800 articoli di hardware che però non costituiscono sistemi completi (questi vengono approvvigionati su ordine cliente) ma piuttosoto tastiere, accoppiatori, disketti, piastre di ricambio e altro materiale ad alta rotazione; negozi localizzati nella stessa area geografica spesso si consorziano per l'acquisto di sistemi completi allo scopo di spuntare più alti sconti di quantità. Ma questo tipo di negozio non vende solo apparecchiature più o meno complete; anzi si può dire che ciò che è esposto in vetrina è l'elemento meno importante anche se è quello che dà l'immagine; il negozio di elaboratori personali vende soprattutto prodotti e servizi applicativi.

Il potenziale cliente di microelaboratori che si rivolge a uno di questi negozi si vede presentare varie opzioni per risolvere il suo problema: "package" applicativi preconfezionati eventualmente personalizzati con intervento di specialisti con cui il negozio è in contatto, corsi di formazione per imparare ad utilizzare il sistema e a programmarlo, consulenza nel caso voglia costruire un sistema *ad hoc* e infine un servizio di manutenzione che non per tutti i negozi è oggi impegnativo a contratto, ma che, se il sistema è portato al negozio, è entro certi limiti comunque garantito. A questo riguardo ci sono anzi forme di consorzio per avvalersi di tecnici qualificati e ridurne il costo per negozio.

I prezzi correnti dell'hardware li abbiamo già precedentemente accennati: per il software un package di contabilità costa oggi al cliente qualche centinaio di migliaia di lire a seconda della completezza, mentre uno di elaborazione testi si aggira sul milione.

Il servizio di consulenza è più o meno equivalente al prezzo dell'intervento di manutenzione, al netto degli eventuali ricambi e delle spese di trasporto.

Riassumendo, il negozio commercializza elaboratori personali ma, al contempo, svolge un compito di selezione, razionalizzazione e canalizzazione delle esigenze dell'utenza che è, dal punto di vista dei suoi riflessi sulla industria del software, di estrema importanza, tanto più in quanto esercitato indipendentemente dal fornitore di sistema.

7. L'attività editoriale

Il ruolo di guida svolto dal negozio trova il suo supporto più valido nello sviluppo di una attività editoriale centrata su problemi applicativi e le loro soluzioni con micro elaboratori, che non ha precedenti nell'informatica classica e che ha il compito di rendere disponibile all'utente grandi quantità di software a prezzi ragionevoli. Di che si tratti con precisione si puo vedere da alcuni esempi.

La rivista *Byte* ha da tempo avviato la distribuzione di piccoli programmi applicativi stampandoli con codici a barre direttamente leggibili da lettori ottici e quindi automaticamente trasferibili su diskette o cassette; è un metodo interessante che però comporterebbe per essere generalizzato una standardizzazione del codice e una diffusione superiore all'attuale della penna luminosa. La rivista *Interface Age* ha tentato qualcosa di analogo inserendo nel fascicolo un dischetto registrato a 33 giri che propone come standard. Sia *Creative Computing* che *Kilobaud* offrono un servizio di pubblicazione di programmi sottoposti dai lettori, verificati da esperti e sulle vendite dei quali garantiscono una percentuale all'autore. *Software Exchange* si è costituita come luogo di scambio tra utenti e fornitori di software applicativo per qualsiasi tipo di microelaboratore; l'italiana *Bit* da anni opera con criteri analoghi.

Oltre alle riviste, l'attività editoriale nel settore si manifesta attraverso iniziative di pubblicazione di libri contenenti programmi con licenza di impiego compresa nel prezzo di acquisto. La Osborne and Associates che è forse la più grande tra queste case editrici, ha venduto migliaia di copie al mese del suo *Payroll with Cost Accouting,* una raccolta di programmi sui problemi di contabilità del personale.

Questo espandersi delle attività editoriali nel campo dell'elaboratore personale è certamente, insieme alla vendita tramite negozi (che a questo punto, diventano anche luoghi di consultazione della documentazione esistente sull'argomento che interessa), il fatto più innovativo di tutto il settore e quello più ricco di implicazioni dal punto di vista della diffusione di una *computer literacy,* cioè di una cultura informatica.

Poiché non bisogna dimenticare che gran parte del successo di queste forme di vendita dipenderà dal livello di normalizzazione applicativa che si riuscirà a conseguire (o a imporre con la leva economica), una conseguenza non trascurabile di questi sviluppi sarà anche una maggiore razionalità industriale nel trattare problemi di tipo corrente.

È una convizione diffusa che l'industria editoriale sia destinata a svolgere un ruolo cruciale nel processo di diffusione delle applicazioni di massa richieste dal mercato dei microelaboratori. L'ipotesi è che, nei riguardi del produttore di software, sia esso privato o società o negozio, la azienda editoriale si ponga nello stesso rapporto oggi caratteristico delle case editrici di libri o di musica rispetto agli autori. Come tale, sarà suo compito vagliare le proposte, prevederne il mercato, definire il prezzo relativo e quindi trasformarle in prodotti promuovendone poi la diffusione tramite la pubblicità o i servizi di supporto alle catene di negozi che effettivamente li distribuiranno. Come per le opere letterarie e musicali, sarà pure compito di queste aziende garantire la protezione del diritto di autore e su tale base retribuirlo.

Ci sono, evidentemente, alcune differenze sostanziali tra libro e software e una è che il primo non richiede così frequenti manutenzioni o aggiornamenti quanto il secondo (purché non si tratti di un testo scolastico o di un manuale nel qual caso questa differenza tende ad attenuarsi). Ciò non di meno, l'analogia presenta molti punti di indubbia validità e testimonia del potenziale di innovazione che l'elaboratore personale risulta in grado di suscitare anche a livello della struttura industriale.

La fig. 4 fornisce una sintesi delle considerazioni sinora fatte relativamente al possibile assetto futuro del settore.

8. Il mercato

L'anno di nascita dell'elaboratore personale si può fissare al 1975: in quell'anno, per la prima volta, cominciano ad apparire sulle riviste di elettronica professionale annunci pubblicitari di piccoli sistemi a basso prezzo; a Los Angeles, a metà dello stesso anno, apre il primo negozio specializzato e le prime due riviste dedicate al settore *(Personal Computing* e *Byte)* vedono la luce prima che l'anno finisca.

Già nel 1977, circa 73.000 unità vengono vendute per un fatturato equivalente di circa 100 milioni di dollari.

Nel 1982 risultano consegnate sul mercato statunitense più di 3 milioni di unità per un valore di oltre 4 miliardi di dollari.

La previsione corrente è che entro il 1987 queste cifre saranno più che triplicate creando una base installata nei soli Stati Uniti di circa 60 milioni di unità di cui circa 20 di tipo professionale [12].

Può essere interessante confrontare queste stime 1983 con quelle formulate dalla Stanford Research Institute [6] nel 1978 e riportate nelle tab. 4 Come è agevole constatare, nonostante che questa previsione fosse a suo tempo giudicata audace, la realtà sta provvedendo a dimostrarla ancora inadeguata di fronte alla crescita esplosiva del fenomeno.

Alcune osservazioni vanno fatte sulla composizione attuale e prospettica del mercato del microelaboratore.

Il *kit* di montaggio, che nel 1978 rappresentava più del 40 per cento della

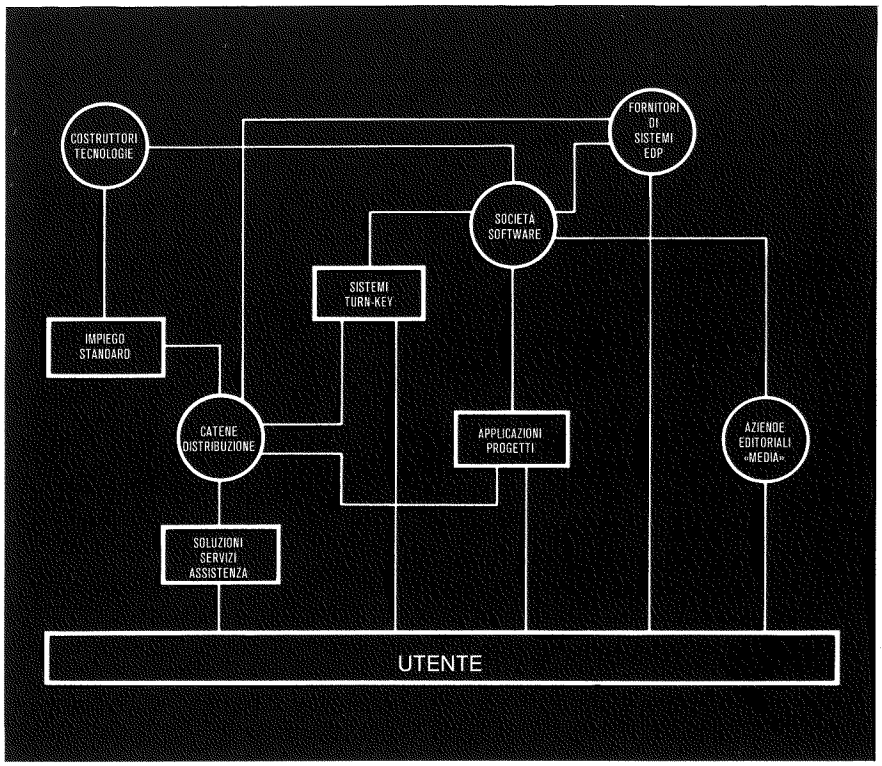


Fig. 4 - Operatori tradizionali e nuovi nel mercato del "personal"

Tab. 4 – Mercato dell'elaborato personale secondo stime SRI del 1978

Anno	*Migliaia di unità consegnate*	*Milioni di $*
1977	73	95
1978	198	202
1979	543	383
1980	902	600
1981	1413	826
1982	1883	1031
1983	2357	1218
1984	2875	1378
1985	2250	1537
Crescita media nel periodo 1978-1985	in numero 50%	in valore 34%

domanda, già nel 1980 era crollato al di sotto del 10 per cento; oggi non è più presente in percentuale significativa.

Lo sviluppo più significativo è quello delle applicazioni di carattere gestionale caratteristiche del lavoro professionale e d'ufficio che in termini di valore assorbono ormai più del 75 per cento dell'offerta.

A questo riguardo va sottolineato come, negli Stati Uniti, alla fine del 1983 vi sia una stazione di lavoro (terminale o microelaboratore) ogni 3 impiegati mentre nel 1987 la previsione è di un rapporto 1:1 [12].

In fase di rapida crescita è anche il settore dell'elaboratore cosidetto domestico, sia pure più in termini numerici che di valore, e nel quale vanno inclusi il personal per uso educativo, cui si riferiscono i commenti sulla Computer Assisted Learning (CAL) riportati nella introduzione, e quello di tipo scientifico.

Un'altro settore di consumo è quello dei giochi informatici (business games, war games, schacchi, dama, etc.) che però o sono inclusi, per il loro valore, nell'ambito delle applicazioni educative o non sono considerati in queste classificazioni perché ritenuti facenti parte del mercato più vasto della microelettronica.

La fig. 5 riassume le considerazioni fatte sulla importanza relativa assunta dai vari settori nel giro di un quinquennio.

9. Elaboratore personale e "società informatica"

Se alle considerazioni sinora fatte associamo l'orientamento verso reti di elaborazione e di comunicazione ("reti telematiche"), sempre più tra loro interconnesse e sempre più integrate nei servizi (dalla consultazione di banche dati al trasferimento elettronico di denaro), si rende necessario prendere in considerazione la prospettiva della cosidetta "società informatica".

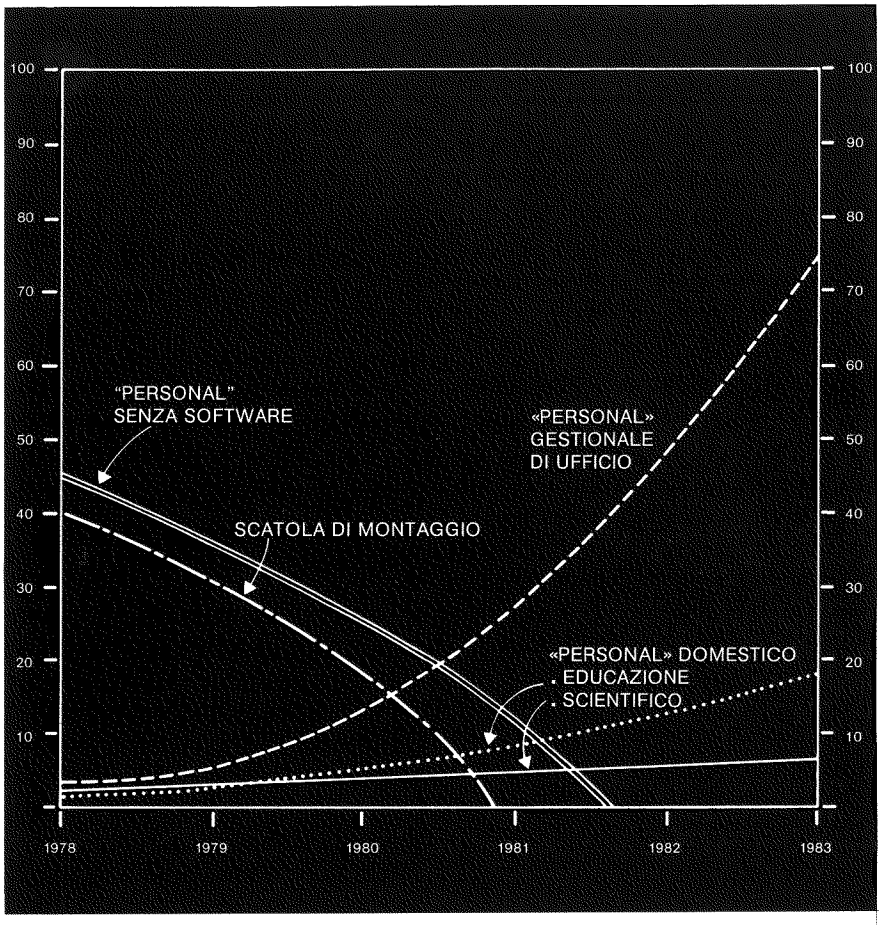
9.1. Sistema autonomo

Il "personal" è già attualmente inserito, in quantità non trascurabili (in USA assolutamente rilevanti), nelle case private accanto al televisore e alle altre apparecchiture facenti parte del tradizionale panorama domestico.

Le domande che ci si può porre al riguardo sono: quali sono e saranno gli impieghi più diffusi e quali, se ce ne saranno, le principali conseguenze sul nostro modo di vivere?

Una prima risposta la si può dare in funzione di chi, in casa, è il principale utilizzatore del "personal".

Fig. 5 - La struttura del mercato negli ultimi cinque anni



Se è l'adulto, si può assumere che se ne avvalga per scopi professionali (non necessariamente coincidenti con quelli di ufficio) e quindi un primo risultato sarà l'alterazione del rapporto tra tempo domestico di riposo e tempo di attività lavorativa.

Se è il ragazzo, l'impiego avrà inizialmente scopo di gioco ma successivamente, in modo pressoché ineluttabile, tenderà ad assumere una valenza educativa attraverso l'esercizio della programmazione con tutti i presupposti concettuali che stanno a fondamento di questa attività: decomposizione gerarchica, astrazione funzionale, algoritmica.

In generale il giovane, più aperto alla rapida acquisizione di questa disciplina, diventerà capace di padroneggiare lo strumento molto prima e molto meglio di quanto non lo sappia fare il genitore e si creerà quindi un divario culturale tra figli e genitori, in senso però opposto a quello consueto, in un settore che ha diretti riferimenti al mondo del lavoro.

Questa esperienza, se potrà forse creare qualche tensione (magari positiva) nella famiglia, metterà certamente in grado i giovani di affrontare la vita professionale in modo assai più agguerrito dei loro genitori. Basti pensare che oggi, uno dei principali ostacoli all'impiego degli strumenti informatici da parte dei dirigenti d'azienda è costituito in Europa dalla resistenza psicologica a "scrivere" con una tastiera su uno schermo, anziché con la matita su un foglio di carta.

Per quanto concerne il CAL (Computer Assisted Learning) si è già accennato, nella introduzione, alla sua capacità potenziale di soddisfare una delle principali esigenze del mondo moderno: di estendere cioè il processo educativo al di là del periodo scolastico sia con finalità culturali che di riconversione professionale.

9.2. Sistema in rete

Ci si è limitati sinora ad accennare ai possibili usi dell'elaboratore domestico come apparecchiatura a sè stante: ma, il "personal" va visto anche come terminale di una gamma potenzialmente inesauribile di servizi telematici.

Alcuni di questi servizi sono e saranno di tipo pubblico (vedi, per l'Italia, il servizio Videotel commercializzato e gestito dalla Sip), altri di tipo privato, ma faranno tutti riferimento alla possibilità di consultare banche di dati, non più limitate nella loro accessibilità dalla localizzazione fisica.

In quest'ambito generale si colloca il cosidetto "giornale elettronico", vale a dire un notiziario consultabile dagli abbonati al servizio e che prevede la visualizzazione giornaliera (o plurigiornaliera) del quotidiano o di sue parti selezionate (economia, politica, cultura, etc.) sullo schermo del personal, ma anche l'assai più ambizioso "libro elettronico" [13].

In quest'ultimo caso si è di fronte ad un concetto originale potenzialmente capace di indurre una profonda revisione negli stessi schemi di acquisizione della conoscenza: l'elaboratore infatti sostituisce (o si affianca) al libro che è da secoli il veicolo per eccellenza di trasmissione della cultura, conferendo però al "lettore" delle capacità di analisi di-

namica e parallela della materia a livelli differenziati di sintesi, che il supporto cartaceo, per la sua stessa struttura statica e sequenziale, non è in grado di fornire.

Un aspetto generale che va sottolineato e che è connesso con la diffusione domestica del "personal" è il maggior potere discrezionale che viene attribuito all'utente rispetto agli attuali mezzi di comunicazione.

Alcuni osservatori ravvisano addirittura, in queste prospettive, gli indizi del declino cui sarebbero destinati i servizi di diffusione unidirezionali di tipo giornalistico e radio-televisivo.

Se dal punto di vista individuale questa evoluzione potrà dar spazio a una maggiore creatività nella scelta e analisi delle informazioni e delle loro fonti, dal punto di vista economico, interi settori potrebbero essere costretti a rivedere la loro strategia di promozione: si pensi alla pubblicità che oggi trova nel giornale e nella televisione i migliori canali di comunicazione con il pubblico.

Un'altra prospettiva che verrebbe aperta dall'elaboratore domestico è costituito dallo scambio di messaggi tra sottoscrittori dei servizi di "posta elettronica" che potrebbe trasformarsi in una vera e propria prassi di comunicazione interpersonale a scapito, non solo del telefono e della corrispondenza per via postale, ma anche al limite dei contatti di tipo diretto.

È questo tra l'altro uno dei supporti fondamentali al cosidetto "telelavoro", cioè al decentramento a domicilio del lavoro di tipo impiegatizio, che rappresenta una prospettiva della "società informatica" su cui non è qui possibile soffermarsi.

9.3. La carta a microprocessore

Ma molte altre sono le possibili applicazioni del "personal" come terminale intelligente di rete telematica. Dalla possibilità di accedere al proprio conto bancario alla scelta di prodotti da acquistare tramite consultazione di cataloghi a distanza, dal loro ordine al loro "pagamento" tramite trasferimento elettronico di fondi.

Per tutte queste applicazioni "telematiche" vi è il problema di garantire una adeguata sicurezza nell'identificare chi origina la transazione e nel proteggerla, durate la esecuzione, da indebite interferenze.

Anche qui la tecnologia informatica può aiutare a risolvere i problemi da essa stessa posti.

È per esempio in fase di avanzata sperimentazione una carta di credito cosidetta "intelligente" (*smart* o *chip card*) che non differisce dalle normali carte di credito salvo che per il fatto di contenere, incapsulato al suo interno, un vero e proprio microelaboratore con unità centrale e memoria (vedi fig. 6)

Questa caratteristica rende la carta praticamente non duplicabile (a differenza delle carte correnti a striscia magnetica) e, quando si operi in linea, consente, attraverso i codici segreti memorizzati nel microelaboratore, di riconoscere in modo "certo" il proprietario nonché di cifrare e decifrare i dati trasmessi secondo chiavi generate casualmente di volta in volta.

Applicazioni di questo tipo sono già oggi operative presso alcuni Istituti di credito e aziende di distribuzione al dettaglio francesi e statunitensi [14].

Alcuni osservatori guardano all'in-

Fig. 6 - La carta di credito "intelligente"

sieme di queste prospettive con grande preoccupazione in quanto temono che ne derivi ineluttabilmente un impoverimento dei rapporti interpersonali su cui è basato lo stesso senso della comunità.

Le analogie che più frequentemente ricorrono sono quelle della automobile personale rispetto al trasporto pubblico e della televisione privata rispetto allo spettacolo teatrale e cinematrografico.

Il rischio indubbiamente esiste e non lo si rimuove ignorandolo; però non si possono trascurare gli aspetti positivi di queste possibilità: esattamente come l'automobile o il televisore, anche l'elaboratore domestico può ad esempio servire a ridurre l'isolamento di chi non può usufruire della ricchezza dei servizi culturali disponibili nelle grandi concentrazioni urbane, o perché ne è fisicamente lontano, o perché le sue condizioni fisiche non gli consentono di accedervi.

Al solito, il giudizio di valore espresso nei riguardi di una tecnologia risulta largamente opinabile e tende ad essere astratto e sterile nelle sue conclusioni: ciò che conta è fare in modo che in parallelo allo sviluppo della tecnologia, si costruisca anche una cultura capace di contrastare gli impieghi perversi che umiliano l'uomo, e di promuovere quelli positivi che ne esaltano le capacità.

10. BIBLIOGRAFIA

[1] *De l'école à l'industrie une priorité: l'informatique,* 01 Hebdo, 777, 28 nov. 1983.

[2] J.W. Braban, *L'enseignment assisté par ordinateur et la formation professionelle,* Actes des journées Antem, 24-25 Mars 1983.

[3] M. Jacques, *Le project Diane,* actes des Journées Antem, 24-25 Mars 1983.

[4] *Tatcher team suggests cashing in on computerized information,* The Times, 6 Oct. 1983.

[5] A. Kalin, *Un micro-ordinateur dans chaque lycée?* 01 Hebdo, 23 Juillet 1979.

[6] M.L. Boder, *Personal Computers - future uses in office and home,* Stanford Research Institute, 1978.

[7] P. Isaacson, R.G. Gamille, R.S. Meiser, A. Osborne, L. Tesler, J.C. Wassen Jr., *The Oregon Report: Personal Computing,* Computer, Sept. 1978.

[8] F. Filipazzi, *L'evoluzione della informatica. Aspetti tecnologici,* Quaderni di informatica, 8, 1977.

[9] G. Canzii, D. Lucarella, A. Pilenga, *Stampa dei documenti: funzionalità e dispositivi,* Atti del convegno "elaborazione testi e documenti" Aica, Milnano, 14-15 nov. 1983.

[10] J.P. Haton, *Reconnaissance de la parole: l'ètat des recherches,* 01 Informatique, 131, 1981.

[11] Niklaus Wirth, *Algorithms + Data Structures = Programs,* Prentice Hall, Englewoods Cliffs, N.J. 1976.

[12] International Data Corporation, *Office systems for the eighties: automation and the bottom line,* White Paper to Management n. 19, Fortune, Oct. 3, 1983.

[13] M. Casazza, G. Degli Antoni, H. Le Van, *Libro elettronico: l'elaboratore come strumento di lettura ed analisi di testi.* Atti del convegno "Elaborazione Testi e documenti" Aica, Milano, 14-15 Nov. 1983.

[14] *Trouver une normalisation internationale au niveau de la carte et des reseaux,* 01 Hebdo n. 755, 14 Nov. 1983.

Basi di dati distribuite*

GRAYCE M. BOOTH

Honeywell
Large Computer Division
Phoenix (Arizona)
U.S.A.

1. Introduzione

La distribuzione delle funzioni di elaborazione delle informazioni porta spesso a distribuire i dati che supportano quelle funzioni.

Quando dati elementari correlati sono archiviati in due o più località e le relazioni tra i dati rendono necessario accedere a più località e/o coordinare l'attività svolta in più località, questi dati elementari formano una base di dati distribuita. Una base di dati distribuita può essere costruita alternativamente secondo due strutture fondamentali: basi di dati a partizioni o basi di dati a replicazioni. I sistemi complessi possono avere strutture miste a partizioni e a replicazioni.

2. Basi di dati a partizioni

Una *base di dati concettuale* è la collezione di tutti i dati che rivestono interesse per l'impresa. Spesso solo una parte della base di dati concettuale viene costruita come archivio dati computerizzato: altre parti vengono invece mantenute manualmente. Si ha una *base di dati a partizioni* quando una base di dati concettuale viene separata in settori – *partizioni* – non ridondanti e sparse tra due o più elaboratori preposti all'elaborazione delle informazioni. Anche se la base di dati è a partizioni, la base di dati concettuale è pensata e progettata in genere come se si trattasse di una unica entità. Si crea però la base di dati (o la porzione di base di dati gestita con elaboratore) cercandone sue partizioni. Le partizioni sono assegnate ciascuna ad un diverso elaboratore preposto al trattamento delle informazioni *(information processor)* e formano logicamente un'unica base di dati.

Una base di dati a partizioni è costituita da dati elementari non ridondanti, cioè archiviati una sola volta in un solo luogo nella base di dati distribuita. La struttura logica della base di dati può essere ridondante o non ridondante. Per esempio, esaminiamo il sistema distribuito costruito collegando "host" di ciascuna delle principali divisioni di una società.

Si possono archiviare i dati sulle retribuzioni in ciascuna località, dove potremmo ritrovare un archivio avente la stessa struttura (record, campi, collegamenti tra record). I dati relativi a ciascun dipendente saranno registrati solo nella località in cui presta servizio. Ecco quindi che i dati sulle retribuzioni costituiscono una base di dati distribuita con dati non ridondanti, ma con strutture comuni (ridondanti). Si può immaginare ancora che gli "host" potrebbero eseguire uno un'applicazione di registrazione degli ordini, un altro il controllo di produzione e che i dati archiviati presso i due "host" o elaboratori centrali formino una base di dati distribuita in cui i dati elementari e le strutture siano entrambi non ridondanti.

La fig. 1 riporta la struttura generica di una base di dati a partizioni.

Nel costruire una base di dati a partizioni è opportuno scegliere i criteri di ripartizione dei dati elementari per trasferirli vicino al punto in cui hanno origine le richieste di accesso dei singoli elementi e/o per migliorare le condizioni di segretezza e di sicurezza in cui lavora il sistema, separando i dati riservati dai dati a disposizione del pubblico.

I metodi, con i quali si divide in partizioni una base di dati e con cui si decide dove situare le singole partizioni sono legati strettamente alle strutture delle informazioni del sistema distribuito. In molti casi le funzioni di elaborazione vengono portate il più vicino possibile all'utente della funzione e questo si trascina spesso lo spostamento degli archivi dei dati che supportano queste funzioni. La divisione in partizioni è un modo di trasferire i dati – modo statico che ha luogo durante la progettazione e la costruzione del sistema. Gli esempi di sistemi presentati nel corso di questo capitolo sottolineano la stretta relazione tra elaborazioni e strutture di basi di dati in sistemi distribuiti.

Le basi di dati possono essere suddivise in partizioni secondo uno dei possibili criteri nell'ambito di strutture di elaborazione sia orizzontali che gerarchiche. Tra i possibili crite-

(*) Il materiale di questo articolo è tratto dal libro dello stesso Autore "I sistemi distribuiti", collana dei Quaderni di Informatica, edit. F. Angeli (1984).

Fig. 1 - Generica struttura di base di dati a partizioni.

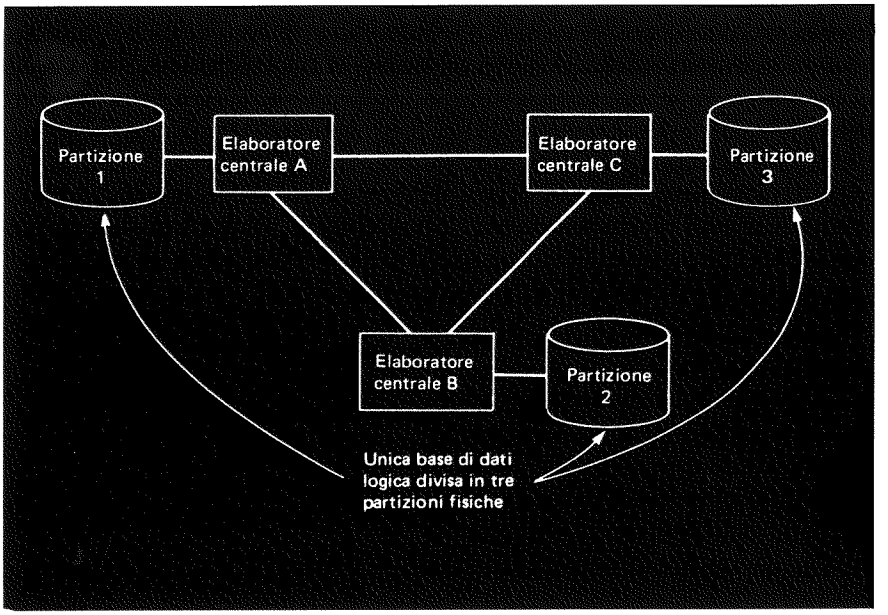
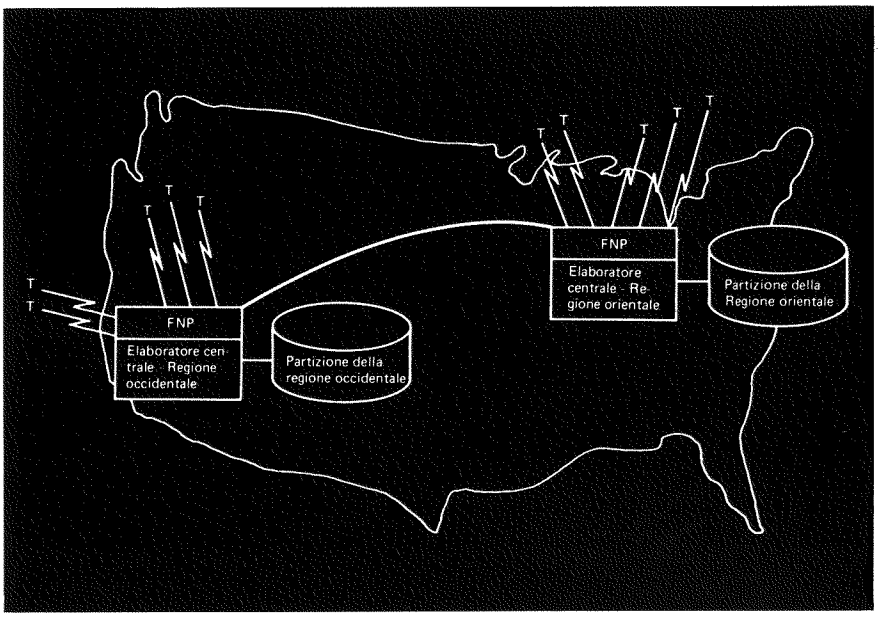


Fig. 2 - Base di dati divisa in partizioni secondo criteri geografici
FNP = front end network processor, T = terminale



ri seguiti perr suddividere in partizioni una base di dati ricordiamo: 1) la ripartizione dei dati in funzione dei confini geografici del gruppo utente; 2) la suddivisione dei dati secondo la struttura gerarchica; 3) la ripartizione dei dati per fini di sicurezza e segretezza.

Basi di dati divise in partizioni secondo criteri geografici

Un'azienda che possiede un sistema informativo distribuito orizzontalmente su due elaboratori centrali preposti al trattamento delle informazioni offre un valido esempio di utilizzo di basi di dati divise in partizioni secondo criteri geografici. La base di dati totale (concettuale) dell'azienda viene divisa in due partizioni, ciascuna delle quali affidata ad uno dei due elaboratori centrali o "host". Pertanto risultano separati tra le due località sia il carico di elaborazione che gli accessi alla base di dati. L'azienda opera su tutto il territorio degli Stati Uniti e i suoi centri di calcolo sono dislocati nel modo indicato dalla fig. 2.

Nel sistema di questa azienda gli elementi che costituiscono la base di dati sono dislocati in modo logico. Gli elementi della base di dati a cui fanno frequentemente accesso gli utenti della costa orientale sono dislocati sull'elaboratore centrale o "host" orientale. Gli elementi invece che interessano di più gli utenti della costa occidentale si trovano sull'"host" occidentale. Gli elementi a cui si accede dalle località che si trovano tra i due centri devono essere distribuiti equilibratamente. Ma in questa azienda è possibile dividere in partizioni la base di dati in pratica soltanto se si possono raggruppare le richieste di accesso alla base di dati in modo naturale. Se questo criterio non dovesse funzionare, come, ad esempio, se si facesse accesso a tutti i dati elementari da tutte le

aree geografiche con uguale frequenza, in quel caso la divisione in partizioni causerebbe un traffico tra i centri troppo intenso perchè tale ripartizione risulti praticamente conveniente e in tal caso varrebbe la pena scegliere una diversa struttura di base di dati e/o una diversa struttura di sistema.

Il raggruppamento geografico dei dati elementari può essere dettato da una ragione importante: la necessità di ridurre il costo di trasmissione dei dati tra località remote che in genere è elevato. Di solito, negli Stati Uniti costa meno una linea telefonica per la trasmissione dei dati se le distanze sono brevi: tale costo aumenta all'aumentare della distanza. E poi anche se i costi di trasmissione non dovessero variare al variare delle distanze, come nei servizi offerti dalle reti a commutazione di pacchetto, rimane sempre da prendere in esame il volume delle trasmissioni. La possibilità di accedere localmente ai dati voluti consente in molti casi di ridurre i costi eliminando il ricorso ai servizi della compagnia telefonica. Si devono perciò studiare sempre attentamente le tendenze evolutive dei costi e delle tariffe per decidere se poi è così importante minimizzare la trasmissione dei dati.

La fig. 2 riporta un sistema dove è necessario prevedere che almeno alcuni accessi alla base di dati siano da luoghi esterni all'area in cui si trova la partizione dei dati. Nelle località della costa occidentale si farà talvolta accesso alle ripartizioni della base di dati che si trovano sulla costa orientale e viceversa. Una base di dati distribuita deve consentire questi accessi. Tuttavia la grande maggioranza delle operazioni che danno origine ai dati della partizione della base di dati devono svolgersi dove la partizione si trova. Se così non è, la base di dati è divisa in partizioni in modo non corretto e/o si è scelto male la struttura del sistema.

Basi di dati divise gerarchicamente in partizioni

Un altro criterio per dividere una base di dati in partizioni è quella di diffondere i dati elementari attraverso la gerarchia del sistema come è schematizzato nella fig. 3.

In questo modo si fa corrispondere la gerarchia delle elaborazioni alla gerarchia organizzativa. Questa corrispondenza è abbastanza tipica. L'"host" gestisce l'elaborazione a livello centrale e gestisce la partizione centrale della base di dati. Ogni divisione ha il suo elaboratore satellite (nella figura ne vengono indicate due) che mantiene la sua partizione locale di base di dati. Le informazioni contenute nei segmenti di base di dati non sono duplicate. Quindi i dati elementari che si trovano presso tutte le località formano una base di dati centrale che è stata divisa in partizioni tra gli elaboratori che compongono la gerarchia.

Il flusso di scambio delle informazioni va verso l'alto e verso il basso della gerarchia. Si possono preparare rapporti a livello centrale che consolidano informazioni in arrivo dalle località remote e informazioni disponibili a livello centrale. I dati vengono inviati lungo la gerarchia dell'azienda: obiettivi e budget prima sono raccolti a livello centrale e poi vengono trasferiti a livelli divisionali e sono archiviati sugli elaboratori satellite. Queste relazioni costituiscono le basi per classificare il sistema tra quelli con basi di dati separate ed indipendenti.

La struttura del sistema riportata nella fig. 3 è abbastanza comune, anche se in molte imprese i centri di calcolo divisionale o dipartimentale non sono collegati direttamente al centro di calcolo della sede centrale. In queste aziende si scambiano i dati scambiando i supporti magnetici sui quali sono registrati addirittura i tabulati che, raccolti in uscita da un sistema, vengono reintrodotti in un altro ridigitandone il contenuto sulla tastiera del terminale o di una unità di registrazione di supporto magnetico fuori linea.

È assai difficile coordinare in questi sistemi decentrati gli elementi della base di dati che si trovano a livello centrale o divisionale. Le basi di dati

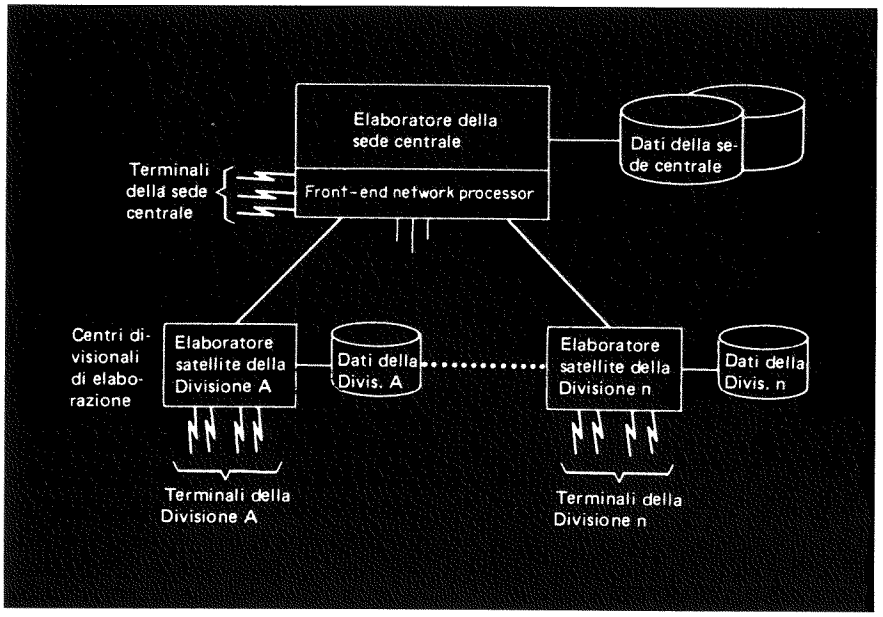
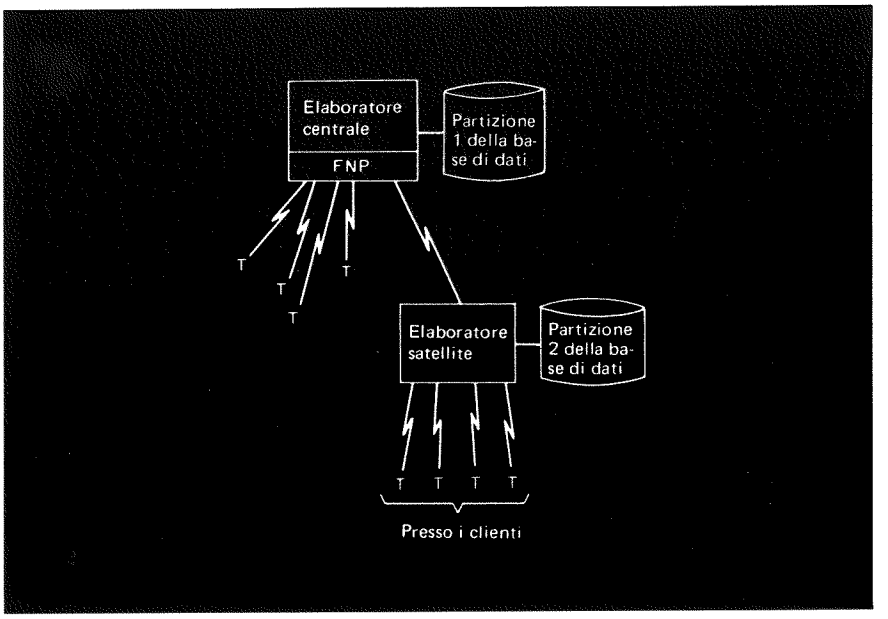


Fig. 3 - Base di dati divisa gerarchicamente in partizioni

Fig. 4 - Divisione in partizioni della base di dati per ragioni di sicurezza. FNP = front-end network processor, T = terminale



a livello centrale possono avere anche estratti o copie dei dati divisionali che però risultano talvolta imprecisi e non aggiornati. E se gli elaboratori preposti al trattamento delle informazioni non comunicano direttamente e dinamicamente tra loro è difficile decidere quali dati sono corretti e quali no.

La struttura del sistema della fig. 3 che ha una base di dati distribuita consente di eliminare questi problemi. Non esistono copie od estratti dei dati che vengono invece archiviati edd aggiornati presso il livello al quale si riferiscono direttamente: al centro i dati relativi alla sede centrale e presso i singoli centri divisionali i dati che riguardano ogni divisione. Le relazioni tipiche della elaborazione distribuita che legano tra loro questi centri permette a qualsiasi elaboratore di accedere ai dati ovunque si trovino nel rispetto delle procedure di sicurezza o segretezza eventualmente imposte.

È davvero importante che i dati riservati siano protetti anche contro l'involontario cattivo uso che ne può fare anche una persona autorizzata dall'azienda o dal servizio pubblico. I metodi secondo i quali i dati vengono classificati come riservati sono assai vari e possono anche risentire di qualche elemento di soggettività. In una grande società americana multidivisionale, ad esempio, ogni divisione opera quasi come se fosse una società indipendente e in realtà le varie divisioni competono tra loro come con le altre società. Ognuna delle divisioni invia i propri dati finanziari all'elaboratore a livello centrale, ma nessuna di esse scambia quei dati con le altre divisioni. Nel sistema gerarchico di questa società, perciò, i dati si muovono principalmente verso l'alto della gerarchia, talvolta verso il basso, ma non la *attraversano* mai. La gerarchia cioè non dipende da ragioni tecniche: le divisioni non si scambiano quei dati perchè ciascuna di esse vuole proteggere i propri dati e li fa conoscere soltanto alla sede centrale. Situazioni di questo tipo sono frequenti e si verificano in organizzazioni di quasi ogni tipo e val la pena analizzarle molto attentamente per riuscire a pianificare sistemi distribuiti che siano in grado di soddisfare il bisogno di proteggere i dati.

Divisione in partizioni delle basi di dati per migliorare sicurezza e segretezza

Il sistema schematizzato nella fig. 4 dimostra il modo con cui si può dividere in partizioni una base di dati per migliorare le protezioni di sicurezza e di segretezza. Quella figura mostra un sistema gerarchico in cui l'"host" gestisce molte applicazioni e mantiene una grande base di dati che può essere vista anche come la partizione "uno" di una base di dati divisa in partizioni. Nel sistema troviamo anche un satellite costituito da un minielaboratore che ha la sua partizione non ridondante di base di dati.

Il satellite svolge esclusivamente un'applicazione di registrazione degli ordini: i clienti dell'azienda possono accedere direttamente al satellite per mezzo di terminali per registrare il loro ordine e per chiedere in qualsiasi momento lo stato degli ordini già piazzati. È un'evoluzione rispetto ai sistemi precedenti in cui i clienti inviavano il loro ordine per mezzo di telegrammi che dovevano poi essere digitati sui terminali collegati all'elaboratore centrale (con questo sistema si è cercato di eliminare la doppia registrazione, una presso il cliente e l'altra presso il fornitore, che oltre ad essere una duplicazione di sforzi è una causa di perdite di tempo ed anche una sorgente potenziale di errori).

Allo stato attuale dell'arte, se tutte le applicazioni fossero consolidate sull'elaboratore centrale preposto all'elaborazione delle informazioni sarebbe assai difficile garantire una protezione della sicurezza e della segretezza dei dati. Dividendo in partizioni queste applicazioni e gli elementi di supporto della banca dei dati, si impedisce ai clienti d'accedere all'elaboratore centrale e alla sua base di dati. La divisione in partizioni della base di dati e dell'applica-

zione semplifica enormemente il problema della sicurezza e della segretezza. Si può concentrare così la protezione sul collegamento tra l'elaboratore centrale e gli elaboratori satellite.

3. Basi di dati a replicazione

L'altro metodo per creare una base di dati distribuita è quello di collocare copie della totalità o di una parte dei dati presso due o più località. Una struttura di questo tipo viene chiamata *base di dati a replicazioni (replicated database)*. La fig. 5 riporta lo schema della struttura generica di una base di dati a replicazioni.

Come si è visto analizzando la divisione in partizioni della base di dati, la replicazione consente di spostare i dati elementari là dove hanno origine le richieste. È un modo diverso dal precedente perchè per creare una base di dati distribuita si impiega la replicazione, si sposta soltanto una copia, un duplicato, del dato e non l'originale.

La base di dati a replicazioni, avendo più copie degli stessi dati presenta una maggiore disponibilità. Se il sistema è progettato con cura, i dati replicati possono essere impiegati in sostituzione del giornale della base di dati e offrono una copia di *backup* dei dati, utilizzabile in caso di guasto o malfunzionamento (questo vantaggio naturalmente potrà ridursi considerevolmente se le varie copie hanno livelli diversi di aggiornamento; perciò dovranno essere tutte sincronizzate allo stesso livello di aggiornamento prima di essere utilizzate in sostituzione di quelle indisponibili per guasti o malfunzionamenti).

La replicazione selettiva dei dati può anche rendere più sicura la protezione della segretezza dei dati. Si possono così replicare e rendere facilmente accessibili i dati elementari che vengono messi a disposizione

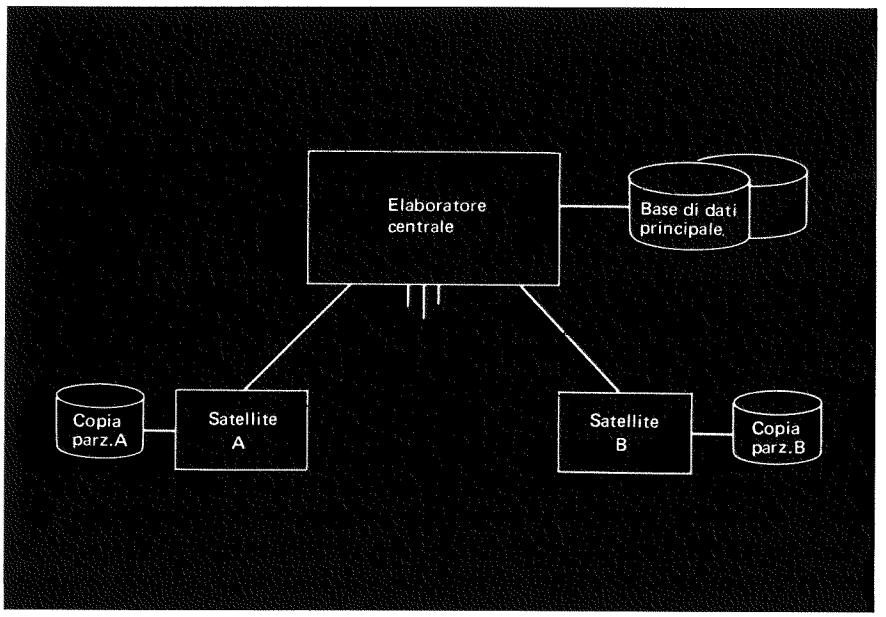


Fig. 5 - Struttura generica di una base di dati a replicazioni. Ogni satellite ha una copia dei dati richiesti per eseguire le elaborazioni locali.

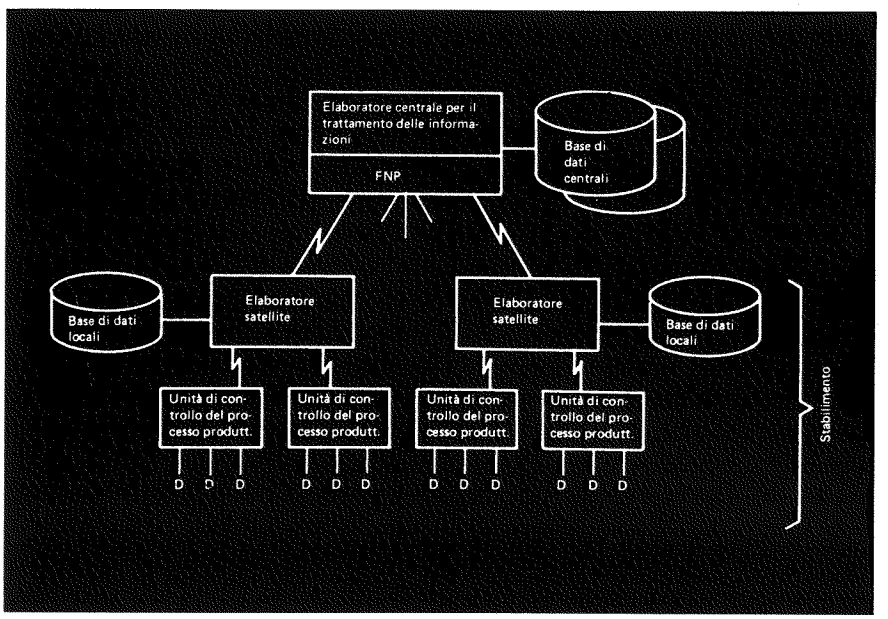


Fig. 6 - Base di dati a replicazioni entro una gerarchia.
FNP = front-end network processor, D = macchina

di un vasto numero di utenti, mentre si può evitare la duplicazione dei dati riservati che verranno quindi gestiti in un unico posto soggetto a rigide procedure di protezione della segretezza. Questo è un modo un po' diverso di proteggere la segretezza dei dati rispetto a quello già visto nel par. 2, analizzando la divisione in partizioni della base di dati.

Per costruire una base di dati a replicazioni si possono seguire modi diversi: per esempio, si possono copiare i dati entro una gerarchia o copiare i dati nell'ambito di un sistema distribuito orizzontalmente.

Basi di dati a replicazioni entro una gerarchia

La fig. 6 esemplifica la replicazione delle basi di dati entro una gerarchia. Si tratta di un sistema di controllo della produzione di una fabbrica.

In questo sistema, l'"host" mantiene una base di dati principale (o *master*) che contiene i piani di produzione dell'intera fabbrica. Questa base di dati consente all'elaboratore centrale di programmare le attività di fabbrica per un periodo relativamente lungo - di solito alcune settimane e spesso alcuni mesi.

Ogni satellite gestisce una copia di una parte della base di dati principale dell'elaboratore centrale. Ogni copia locale dei dati contiene solo le informazioni che riguardano quelle linee di produzione che sono sotto il controllo dello specifico satellite da cui essa è gestita.

Perciò la copia locale dei dati di ogni satellite differisce da tutte le altre copie locali dei dati. È importante notare anche che la copia locale dei dati di ogni satellite contiene solo la programmazione a breve termine per le sole linee di produzione controllate dal satellite. Ogni copia locale dei dati pertanto replica solo i dati necessari per la programmazione a breve termine e per il controllo delle linee. L'elaboratore centrale potrà trasmettere ogni giorno ad ogni satellite nuove informazioni sul programma di produzione permettendo quindi ad ogni satellite di aggiornare la propria base di dati per il periodo successivo di attività della fabbrica.

Basi di dati a replicazioni in una struttura orizzontale

Con l'esempio seguente, schematizzato nella fig. 7, presentiamo una base di dati a replicazioni e parzialmente divisa in partizioni, utilizzata in un'applicazione di controllo dei magazzini e gestita da tre elaboratori centrali distribuiti secondo una struttura orizzontale.

Ogni elaboratore centrale gestisce le informazioni relative alle giacenze di magazzino dei soli prodotti fabbricati in luogo (in altre parole, questa parte della base di dati distribuita è divisa in partizioni). Per i prodotti fabbricati e/o immagazzinati in altre località, l'elaboratore centrale si limita a gestire le informazioni descrittive essenziali, tra cui il luogo o i luoghi in cui essi sono immagazzinati. I dati di ogni elaboratore centrale replicano quindi in parte i dati degli altri due elaboratori centrali. In questo modo è possibile, alla ricezione dell'ordine, verificarne la validità e calcolarne il valore complessivo ai fini del controllo del fido concesso al cliente anche se l'ordine elenca merci non immagazzinate in luogo, prima ancora di inviare la richiesta sulla disponibilità dei prodotti all'elaboratore centrale che si trova nel luogo in cui i prodotti sono immagazzinati. È così possibile individuare gli ordini per prodotti non esistenti, di solito dovuti ad errori di input, che sono rifiutati immediatamente. La replicazione di questa base di dati è in realtà il catalogo generale dei prodotti a magazzino.

Si ricorre alla replicazione della base di dati più spesso nei sistemi distribuiti gerarchicamente, mentre nelle strutture dei sistemi distribuiti orizzontalmente si impiega più frequentemente la divisione in partizioni della base di dati oppure si affidano agli elaboratori centrali basi di dati singole separate ed indipendenti.

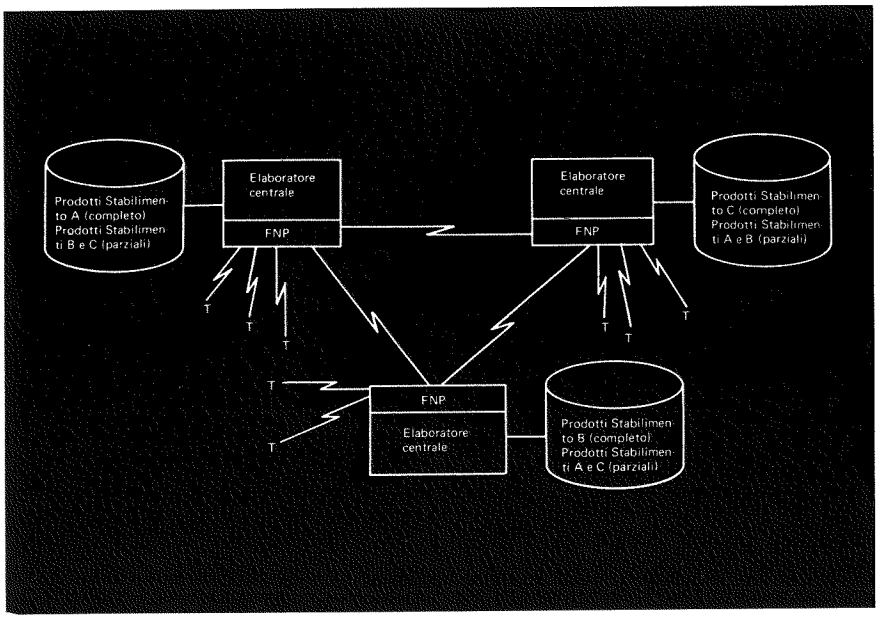


Fig. 7 - Base di dati a replicazioni in una struttura orizzontale.
FNP = front-end network processor,
T = terminale

4. Strutture miste - a replicazioni e a partizioni - delle basi di dati

Anche se la divisione della banca dei dati in partizioni o la replicazione della base di dati sono tecniche diverse che possono essere impiegate separatamente, può tornare talvolta conveniente utilizzarle insieme in modo da costruire strutture ottimali di basi di dati distribuite (il sistema appena visto costituiva un esempio di struttura mista).

Quando si ricorre a queste tecniche congiuntamente, si raccolgono e si analizzano dati sulla frequenza di accesso ai dati e quelli usati più frequentemente sono replicati in modo statico in tutte le località per semplificarne l'accesso. I dati che vengono aggiornati più di frequente e per i quali la loro replicazione sarebbe fonte di seri problemi di sincronizzazione vengono invece assegnati alla partizione che è situata là dove si svolge in massima parte l'attività che impone il loro aggiornamento. I criteri di costruzione delle basi di dati che combinano divisione in partizioni e replicazione potrebbero trovare applicazione nei futuri sistemi di prenotazione dei posti sulle linee aeree. In tali sistemi i dati più attivi - prenotazione dei voli - dovrebbero essere divisi in partizioni secondo un criterio geografico. Le registrazioni relative ad ogni volo dovrebbero essere presenti soltanto sull'unico elaboratore regionale che avrebbe anche il compito di trattare tutte le prenotazioni per quel volo.

Le informazioni sugli orari e sulle tariffe, invece, sono relativamente statiche rispetto alle informazioni sulle prenotazioni e potrebbero essere replicate su tutti gli elaboratori centrali regionali che potrebbero quindi rispondere a tutte le interrogazioni relative all'orario dei voli, al prezzo del biglietto e così via. In futuro, probabilmente, troveremo che le basi di dati con struttura mista - a replicazioni e divisa in partizioni - saranno assai frequenti.

Il software: da arte a metodo

E. SPOLETINI

Dipartimento di Fisica
Università di Milano

1. Introduzione

Viene qui analizzata la situazione che si è sviluppata dal '68 ad oggi nel campo del software applicativo.

Il presente non diviene subito storia, ma è oggetto di dibattito, critica, interpretazione, al fine di gettare basi e linee guida per costruire il futuro. È per questo che le pagine che seguono possono sembrare frammentarie; si è comunque tentato di fornire una visione molto ampia della situazione, ma è ovvio che il tutto è impregnato dei punti di vista personali.

Il capitolo tocca diversi argomenti nel tentativo di analizzare, in modo coerente, i problemi che hanno dato vita ad una specie di rivoluzione culturale nel campo della produzione del software: i filoni della ricerca, le aspettative dell'utenza ed i rapporti e le prospettive di collaborazione tra ricerca e mondo del lavoro.

2. Stimoli per l'ingegnerizzazione

L'esigenza di ridurre in modo significativo i costi di produzione dei sistemi di elaborazione ha spinto verso la ricerca di nuove tecnologie non solo al fine di permettere lo sfruttamento di risorse poco costose, ma anche di determinare criteri di produzione sempre più efficienti.

I risultati eccezionali conseguiti in questo settore sono unicamente dovuti al tipo di impostazione della ricerca, guidata da un lato dal rigore scientifico della cultura elettronica, dall'altro dall'esperienza industriale della produzione in serie.

Un approccio analogo non può invece essere rilevato nel campo della produzione del software ove l'impostazione dello studio e dei metodi non ha mai abbandonato l'ottica artigianale per orientarsi verso un approccio di tipo ingegneristico.

L'insorgere ed il perdurare di una mentalità artigianale nella produzione del software sono stati determinati sia dall'assenza di una cultura scientifica consolidata, che fin dall'inizio potesse essere riconosciuta da tutti come elemento culturale di supporto (da cui la differenza di preparazione culturale specifica che mediamente qualifica i progettisti hardware rispetto a quelli software), sia dall'iniziale scarsa incidenza del costo di produzione del software rispetto al costo globale di un sistema (il software infatti non è mai costato «poco» in assoluto, ma i suoi

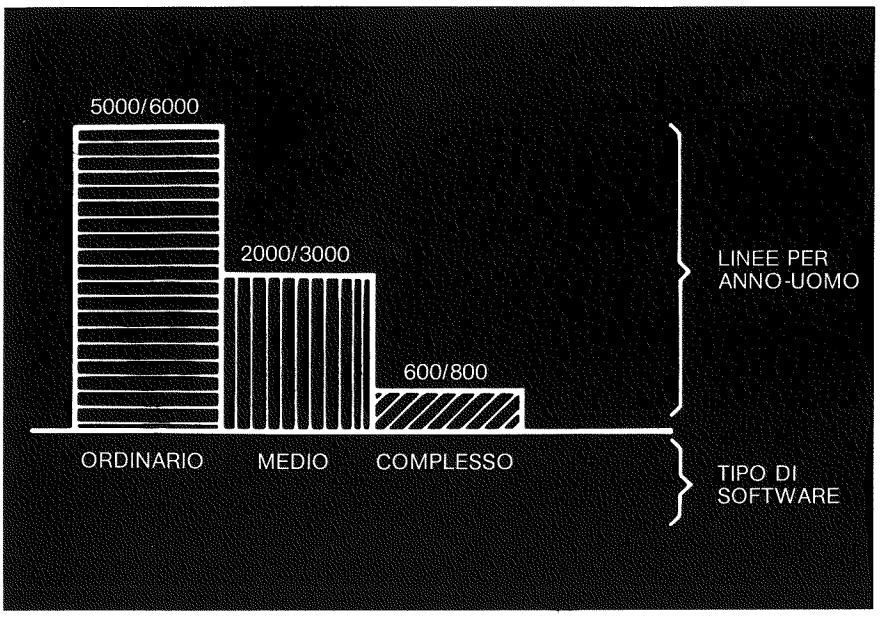


Fig. 1 - La produttività è pesantemente condizionata dalla dimensione e dalla difficoltà di un progetto.

costi erano comunque molto inferiori al costo dell'hardware).

È dalla fine degli anni '60 che il costo di produzione del software ha cominciato ad imporsi come un nuovo vincolo allo sviluppo dei sistemi. Aumentando, infatti, le dimensioni dei progetti e la loro complessità, il numero delle persone coinvolte cresce proporzionalmente e con esso il problema della loro produttività (fig. 1).

3. I problemi cha hanno scatenato il '68 dell'informatica

Così come nei libri di storia è citato l'attentato di Sarajevo come l'elemento che ha innescato lo scoppio della prima guerra mondiale, nelle cronache di informatica è citata la famosa lettera di Dijkstra come stimolo e punto di partenza della rivoluzione culturale che dal '68 ha interessato gli ambienti informatici internazionali.

Infatti in un articolo pubblicato sul n. 4/68 di *Communications of ACM* Dijkstra, un teorico olandese impegnato in attività di consulenza con grosse società produttrici di software, denunciò le cause che, a suo avviso, avevano determinato un così basso livello qualitativo nella produzione del software, formulando contemporaneamente una soluzione apparentemente drastica per la cultura dell'epoca, con finalità dichiaratamente provocatorie. Tale proposta consisteva nell'abolizione dell'istruzione di salto incondizionato dai linguaggi di programmazione; infatti all'uso incontrollato del GOTO veniva attribuita la causa del basso livello qualitativo del prodotto software (fig. 2).

Ovviamente le lettera di Dijkstra è stata solo un catalizzatore, infatti i presupposti sono stati più vasti e generali che non il «programming with or without the GOTO statement»: come già detto, il principale stimolo è stato quello economico.

La lettera di Dijkstra ha solo dimostrato che i problemi economico-organizzativi avevano assunto una dimensione tale da esigere un dibattito e un serio ripensamento sull'organizzazione degli ambienti DP e sui ruoli degli addetti ai lavori, ma non solo, più in generale in essa era implicita la necessità di una revisione critica dell'organizzazione e delle strutture aziendali.

Già da tempo molte industrie, case di consulenza e centri di cultura tentavano di risolvere o per lo meno di pensare a questi problemi che erano presenti da sempre e solo accantonati nell'ottimismo imperante nel periodo del boom economico: merito della lettera di Dijkstra è l'aver trasformato, con l'aiuto solo di motivazioni tecniche, questi problemi (di cui si aveva da parte di pochi la sensazione della gravità e dell'urgenza, che oggi tutti, o quasi, riconosciamo), in oggetto di discussione vasta e approfondita.

L'analisi, che inizialmente si era accentrata su casi ed esigenze particolari, si è via via allargata e l'attenzione degli esperti si è volta alla creazione di modelli organizzativi e filosofie di lavoro ed ha facilitato lo scambio e l'acquisizione di esperienze.

L'esigenza di rinnovamento generale è stata sostanzialmente maturata dalla consapevolezza della fine del boom economico e dalla conseguente accettazione del fatto che il calcolatore, in quanto punto di riferimento aziendale, in virtù del suo ruolo di centro dell'elaborazione dei dati dei vari settori, potesse essere l'astratto (per simulazione) di un'azienda, e quindi il cardine per il rinnovamento delle strutture aziendali. Forse il riversare tanta fiducia nel mondo del data processsing è stato solo un fatto contingente; infatti non bisogna dimenticare che la favorevole contingenza economica degli anni '60, oltre che creare un benessere artificiale e transitorio, ha posto le radici del peggiore dei mali: l'incapacità del gruppo dirigente, abituato a successi immeritati per-

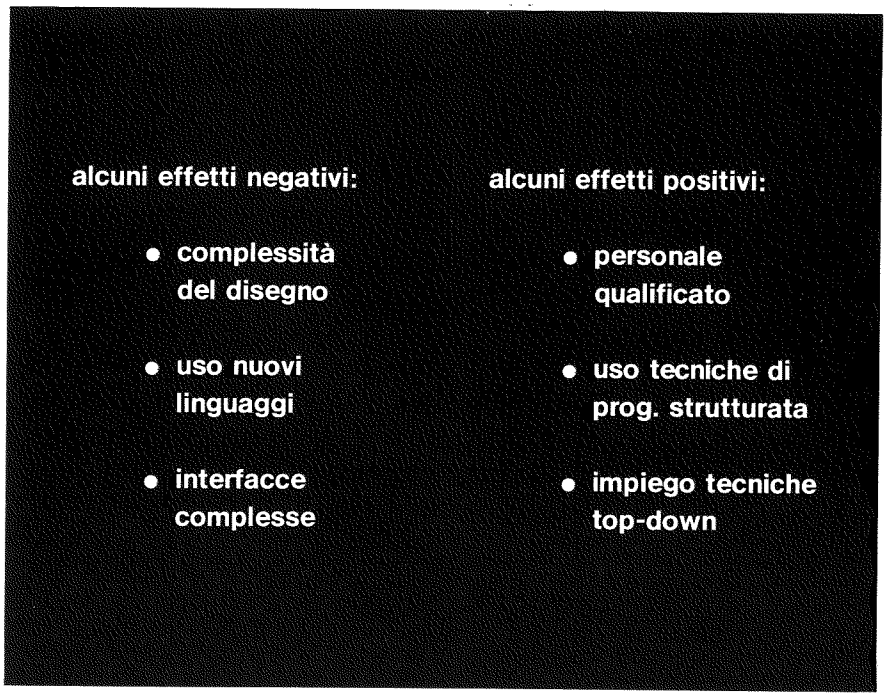


Fig. 2 - Anche solo una rapida occhiata alla figura (che riporta una sintesi di dati forniti dalla Federal System Division dell'Ibm) fa capire quanto possa incidere negativamente sulla produttività un approccio tradizionale alla programmazione.

chè automaticamente conseguiti, a prendere decisioni. Da queste premesse è facile dedurre il perché dell'importanza che hanno assunto i centri DP nell'organizzazione aziendale: per funzionare i centri hanno bisogno di decisioni, e, se non le prende il dirigente, allora inevitabilmente le deve prendere il tecnico.

Senza voler approfondire la discussione su questo tema, ci limitiamo ad osservare che finalmente, dopo che per virtù o per necessità i tecnici hanno parzialmente sostituito i dirigenti, ora che si è ritornati ad una più giusta collocazione dei ruoli, il processo che si è avviato per via tecnocratica si sta normalizzando in quanto l'esigenza di rinnovamento è sentita, auspicata ed analizzata anche a livello politico.

4. Linee di tendenza ed esperienze

A partire da Dijkstra la cultura internazionale ha avuto un sussulto particolare; con decisione e spirito da crociata i più affermati informatici, le loro scuole, i gruppi di ricerca di tutto il globo hanno cominciato a produrre per aiutare i centri di programmazione, le organizzazioni aziendali e tutto il settore pubblico e privato ad uscire dall'*impasse* organizzativa.

È questo il periodo dei praticoni e degli artigiani che, sulla base della loro esperienza e del loro buon senso, tentano di suggerire comportamenti corretti e modelli, tentano di aiutare selezionando strutture di controllo campione, utili in tutte le circostanze, tentano di proporre implementazioni ausiliarie nei linguaggi di programmazione.

Purtroppo però si era già nel 1970 e non c'era un'Informatica Inquisizione che consentisse di bruciare gli eretici, che continuavano a fare flowchart simili a matasse di lana con cui aveva giocato il gatto, e molti imprenditori continuavano a gestire le aziende con la stessa disinvoltura di un principiante che giochi a *Monopoli*.

L'aderenza alla pratica della prima fase dello sviluppo post '68 dell'informatica ha avuto il suo sviluppo maggiore con le proposte di standard e di modelli che la grande industria ha dovuto almeno in parte adeguarsi ad accettare.

Anche dovendo affrontare proteste sindacali, che paragonavano l'introduzione di standard all'avvento della catena di montaggio, in molti ambienti di notevoli dimensioni si sono imposte delle norme che, per quanto non particolarmente evolute, hanno introdotto un concetto antico come la società: quando si convive in tanti, ci vogliono leggi: se non adeguate ai più si modificano nel tempo.

Un altro fenomeno che nello stesso tempo ha cominciato a svilupparsi e manifestarsi è stato il tentativo di creare un organico complesso di norme per guidare gli ambienti di sviluppo del software ad organizzarsi a livello industriale e produrre in modo efficiente su larga scala e basso costo.

5. Dalla lettera di Dijkstra alle metodologie

La ricerca di una disciplina di programmazione ha battuto inizialmente due strade concettualmente ed operativamente diverse. La prima via orientata alla formalizzazione di modelli di pensiero e che trova i suoi filoni più ricchi nella programmazione strutturata e nella programmazione modulare, indica che le modalità per affrontare un grosso problema consistono nel segmentarlo in problemi minori e fissare le condizioni al contorno per ciascuno di essi, ovvero il modo in cui si devono interfacciare le porzioni di codice prodotte dai vari programmatori.

La seconda via individua nei dati l'elemento guida della costruzione dei programmi e fornisce regole procedurali precise che hanno lo scopo di definire, formalizzandolo, tutto il processo di progettazione e di implementazione di un programma.

Percorrendo le due strade di cui sopra sono andate sviluppandosi tecniche, metodi e metodologie che rappresentavano e rappresentano schemi mentali a cui si deve adeguare una realtà produttiva di software.

Le tecniche mettono a disposizione un linguaggio, degli standard, dei *tools*, che supportano normalmente alcune fasi specifiche del processo di produzione del software.

I metodi consistono in un insieme di tecniche il cui uso è guidato da indicazioni informali; nelle metodologie, invece, le indicazioni divengono vere e proprie regole procedurali: una netta differenziazione fra questi ultimi non è comunque sempre immediata (fig. 3).

Ovviamente metodi e metodologie sono stati in gran parte rifiutati da molti ambienti perché la vanità obbliga ad utilizzare sempre originalità casalinghe oppure tecniche specifiche piuttosto che costruzioni più o meno buone, già sperimentate e quindi utilizzabili, con gli eventuali opportuni adattamenti, ad ogni realtà affine.

Parallelamente al tentativo di aiutare il mondo DP, effettuato proponendo schemi mentali più o meno vincolanti, si è sviluppato un altro filone che ha portato alla proposta di nuovi linguaggi di programmazione che vincolassero alla programmazione impostata secondo canoni ben precisi. In quest'ottica si pone lo sviluppo di linguaggi (ovvero di compilatori) che dovrebbero essere così pignoli da scoraggiare ogni eventuale avventuriero; ma non è il caso di illudersi: anche l'esperanto doveva servire a risolvere i problemi di comunicazione a livello internazionale, ma prima Napoleone ci ha imposto il francese, quindi la quotazione del dollaro l'inglese, e fin che qualche sconosciuto apportatore di idee (magari l'Ibm) non vorrà fare una crociata a favore di un nuovo linguaggio universale, continueranno ad imperversare i linguaggi oggi diffusi... Allora forse vale la pena di spendere energie per usarli bene, non tanto dal punto di vista linguistico, ma soprattutto per esprimere idee chiare e pregne di contenuti nell'ambito in cui si collocano.

6. Impatto con gli ambienti

È indubitabile che l'avvento della «programmazione strutturata» abbia portato aria nuova nell'ambito della ricerca pura e applicata e, ridimensionando alcune delle ironie espresse nel par. 4, possiamo affermare che nella prima metà degli an-

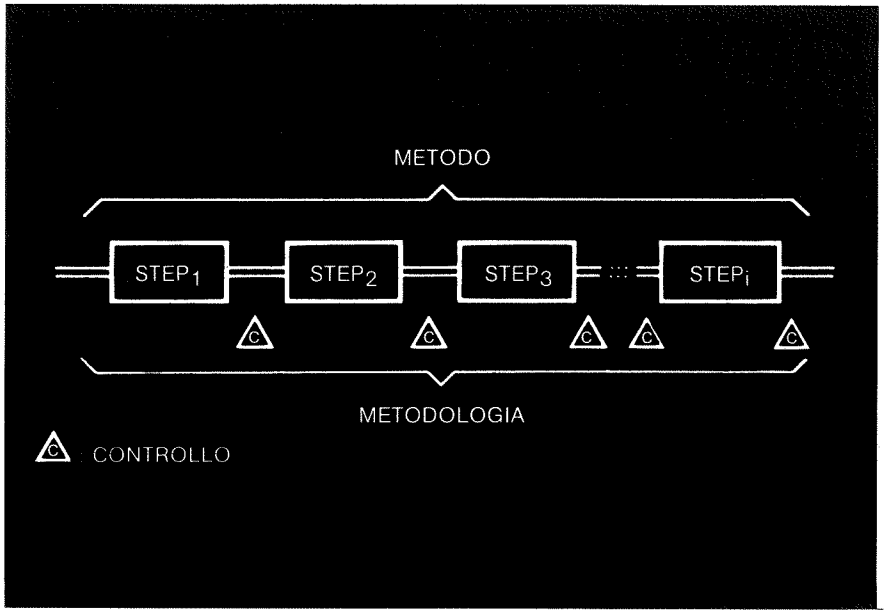


Fig. 3 - Una metodologia è costituita da procedure ben definite contenenti specifiche ben precise (non informali!) che devono essere seguite sia per applicarle sia per controllarne l'uso.

ni '70 c'è stato un grosso interscambio di idee e risultati fra ambienti universitari ed industriali. La consapevolezza che il prezzo che si paga con l'ignoranza è decisamente superiore a quello che si paga per divenire colti ha portato ad una notevole attività seminariale e ha incrementato i contributi per la ricerca finalizzata (è noto che in questo settore le cose in Italia non sono andate come negli altri paesi occidentali industrializzati ove fin dagli anni settanta erano predisposti piani nazionali per l'industria elettronico-informatica).

Soprattutto negli Stati Uniti, ove fin dall'inizio si è capito che la ricerca nel settore elettronico-informatico doveva essere stimolata parallelamente alla ricerca aerospaziale e militare, si sono avuti grossi progressi: la scienza dei computer che si era particolarmente incrementata durante la seconda guerra mondiale, magari solo per problemi di tipo numerico, ha ritrovato il suo humus naturale.

Per quanto riguarda i problemi dell'informatico che si occupa di applicazioni, quelli legati alla realtà di tutti i giorni, le vie della ricerca sono diventate sempre più lontane dalle problematiche in cui si dibatteva; infatti se la capacità di astrazione dei teorici ha portato prima a rendere chiara, perchè asettica e non inquinata da esempi contingenti, la realtà da analizzare e i problemi da risolvere, in seguito, quando si è cominciato a parlare di astrazioni e relative strutture (in cui gli esempi sono le astrazioni semplici), è iniziato uno scollamento che in ambiente applicativo è sinonimo di sfiducia.

La ricerca pura ha iniziato a toccare raffinatissimi problemi di tipo algebrico, mentre la ricerca applicata ha continuato a battere strade che consentissero di conseguire risultati utili per risolvere almeno alcuni dei problemi.

In questo contesto si perde quasi di vista il senso del termine informatica che assume significati diversi per gli uni e per gli altri.

7. IL problema delle interfacce

La ricerca nel campo della produzione del software applicativo, che è quello che più ci interessa in questo contesto, si è sostanzialmente orientata su tre diverse direzioni non antagoniste, ma rivolte a tre ambiti diversi:

- l'organizzazione;
- l'analisi;
- la programmazione.

Anche qui le cose non sono andate poi tanto lisce, infatti chi si occupa di problemi organizzativi o di analisi ritiene di affrontare argomenti più qualificati e, quindi, pone in secondo piano gli aspetti inerenti la programmazione.

Non bisogna però dimenticare che proprio perchè i problemi di programmazione sono problemi di massa, con le relative implicazioni culturali ed economiche, ad essi ci si deve dedicare con impegno e con costanza avendo sempre presente che l'unico modo per dialogare con qualcuno, soprattutto se ci si ritiene ad un livello superiore, è di apprendere il linguaggio ed i limiti e le possibilità intrinseche del proprio interlocutore.

Purtroppo capita che metodologie organizzative, di analisi e di programmazione si presentino come costrutti di per sé molto interessanti, ma non tra loro interconnessi, anzi è tipico che metodologie globali, che tentino di affrontare *in toto* i problemi di cui sopra, si presentino non adeguate a tutte le fasce di addetti a cui si rivolgono in quanto non tengono conto delle diverse esigenze culturali e di linguaggio.

Forse è proprio in un ambiente in cui la parola d'ordine è *top-down* che si deve procedere nella costruzione di strumenti di lavoro in modo *bottom-up,* ossia, dopo aver fissato i principi ispiratori, si deve partire dalla definizione che la metodologia deve avere nell'ambito della programmazione tenendo presente le problematiche di analisi ed organizzazione, ma non dimenticando che si sta definendo la fase di programmazione, e quindi si deve proseguire con la definizione che la metodologia deve avere nell'ambito della

analisi, tenendo presente le problematiche di organizzazione, ma non dimenticando che si sta definendo la fase di analisi, infine si deve proseguire con la fase di organizzazione.

8. Ottimismo o pessimismo?

Senza dubbio le statistiche e le previsioni non lasciano molto spazio all'ottimismo. Un'industria che si avvia a divenire la prima mondiale dovrebbe aver già individuato un modo di operare di tipo ingegneristico che sia accettato da tutti, invece non è ancora nella maggior parte dei casi accettato il fatto che una metodologia (una qualunque!) debba essere adottata (fig. 4). Di questo non si rendono ancora conto molti degli studiosi che continuano a credere che la buona volontà degli altri finirà con l'utilizzare i loro risultati pregni di astrazione per applicarli a casi pratici. Di questo non si rende ancora conto la grande industria del DP che dovrà per prima fare i conti con il costo del lavoro nel momento in cui sarà inutile produrre dell'hardware sofisticatissimo se non si offrirà un software efficiente ed adeguato.

Forse però, poiché la concorrenza nel campo del DP è enorme, nel momento in cui sarà ridimensionato il boom economico degli elaboratori, via via che il mercato diventerà meno facile di quanto non lo sia ora, sarà una necessità imposta dall'esigenza di mantenere mercato e potere ad imporre alle grandi società produttrici d'elaboratori di prendere posizione ed iniziative nel campo delle metodologie per la costruzione del software.

9. Programmazione e software

Limitando le nostre considerazioni esclusivamente all'ambiente della programmazione, riprendendo alcuni argomenti già toccati, possiamo affermare in una grossolana ripartizione che l'attenzione degli esperti si posa essenzialmente su tre temi: linguaggi, software di base e metodologie.

La spinta nell'ambito dei linguaggi di programmazione non ha avuto mai un gran successo, un po' per la scarsa disponibilità delle società di elaboratori a rinunciare ai linguaggi assemblatori, un po' per l'agilità del Fortran prima e del Basic poi a risolvere problemi di calcolo, un po' perché le leggi federali americane avevano sancito che il Cobol doveva essere un elemento unificante nella programmazione gestionale.

La difesa dell'assembler è stata per anni l'elemento che ha caratterizzato la politica delle grandi società di software: ciò è spiegabile col fatto che la mancanza di un software organico e completo ha spesso impedito di mettere a disposizione i linguaggi di programmazione corredati di tutte le opzioni e caratteristiche che pur erano per essi state previste al momento della loro definizione. A questo proposito vale la pena osservare che è piuttosto difficile trovare anche oggi elaboratori su cui i linguaggi di programmazione ad alto livello più diffusi siano disponibili con tutte le possibilità offerte dagli standard.

La fortuna del Fortran prima e del Basic poi ha decisamente ostacolato l'affermarsi, anche in ambienti scientifici, di linguaggi di programmazione orientati alla programmazione strutturata. In campo scientifico, del resto, è sempre interessato di più usare un linguaggio che permettesse di aderire bene al problema di calcolo, magari in modo non troppo elegante, piuttosto che farsi vincolare da formalismi stilistici che tanto meno sono importanti quanto più breve deve essere la vita di un programma.

Infine, un fatto di notevole importanza che è intervenuto a creare una certa indifferenza verso nuovi linguaggi è stata la decisione del governo americano di limitare l'acquisto di elaboratori gestionali solo a quelli che disponevano di un compilatore Cobol.

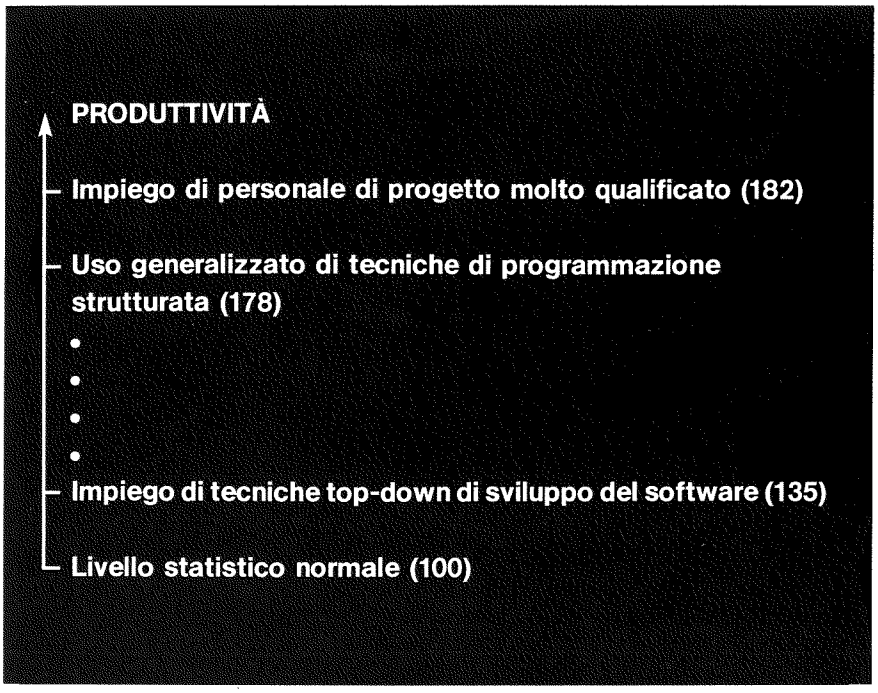


Fig. 4 - Nonostante siano ormai quantizzabili in modo preciso i vantaggi offerti in termini di incremento di produttività (vedi i valori espressi in figura) e di qualità in ambito metodologico, la maggior parte degli utenti opera secondo tecniche tradizionali.

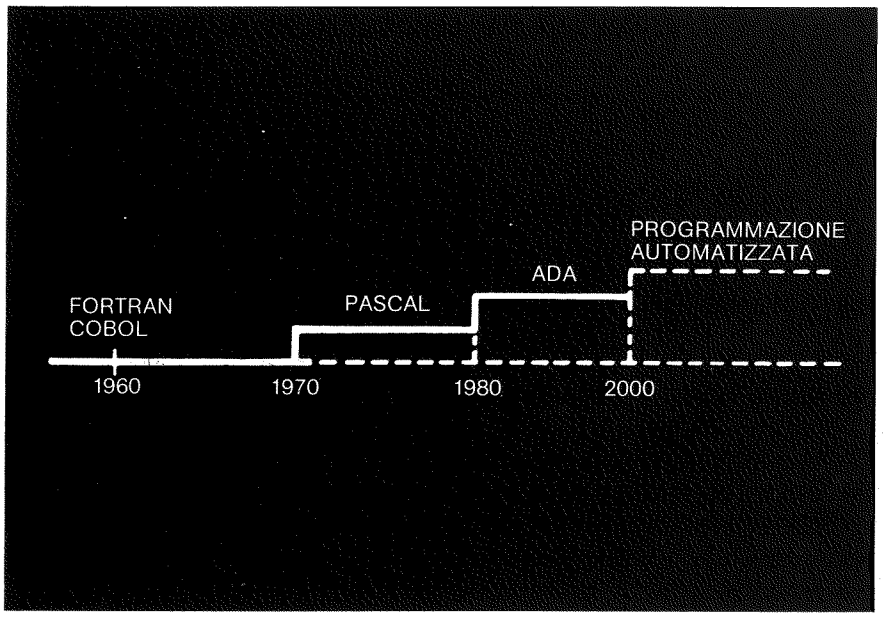


Fig. 5 - Le previsioni di Ichbiah, padre di Ada, riportate in figura, sono evidentemente ottimistiche!... e soprattutto, essendo state formulate nel 1980, non tengono conto della reale situazione di diffusione dei linguaggi.

Di nuovi linguaggi, in effetti, se ne sono presentati diversi nell'ultimo decennio e la vittima più illustre della contingenza che abbiamo osservato è il Pascal (1974), che è stato creato proprio con l'obiettivo di essere il linguaggio per la programmazione strutturata e che si trova relegato ad essere un linguaggio per i mini in concorrenza al Basic.

Nel campo del software di base le cose non vanno certamente meglio, basti osservare le girandole di releases di software e le incompatibilità che ci sono il più delle volte nell'ambito di elaboratori proposti da una stessa società.

Talvolta si propone l'uso di macro e di precompilatori come elemento di integrazione fra l'ambiente software e le metodologie di programmazione utilizzate, ma purtroppo vi sono notevoli difficoltà dovute al fatto che vi è un completo sbandamento su quale metodologia utilizzare e si è spesso vincolati dal fatto che i *tools* di supporto ad una metodologia sono di solito disponibili su una gamma ridotta di elaboratori.

In questo momento viene ventilata l'idea della nascita (finalmente!) di un toccasana: Ada (fig. 5). Anche a questo proposito è meglio togliersi subito l'illusione che nella spinta delle scelte del dipartimento della difesa degli Stati Uniti si sia trovato un elemento unificante in campo di ambienti operativi. Infatti Ada, che è l'insieme di un linguaggio (il nucleo del quale è sostanzialmente il Pascal) e del software d'appoggio (ovvero l'ambiente software di base vero e proprio) non è nato per presentarsi sul grande mercato del DP gestionale; è stato semplicemente proposto e lo diverrá per imposta-

zione del DoD, come elemento unificante della programmazione dei *computer embedded systems* ovvero di quei dispositivi di calcolo che sono parte di strutture meccanico-elettroniche più vaste (come i dispositivi di controllo del rollio di una nave o della strumentazione di un missile, ecc.).

Visto che le cose stanno così, occorre forse puntare sulle metodologie che in parole povere rappresentano una sintesi del buon senso. Forse proprio perché, insieme al tentativo di porre un freno al programmatore che si sente troppo geniale, le metodologie danno lo stimolo ad usare l'esperienza opportunamente incanalata per farla diventare fonte di risultati buoni, lineari ed utili, esse finiranno con l'essere adottate senza troppo traumi dagli esperti e in modo naturale dai neofiti.

Nota.

Il materiale di questo articolo è tratto dal volume "La produzione del software applicativo: evoluzione e prospettive", edito da F. Angeli (1983), a cura dell'Autore.

Elaboratori e archeologia

Carlo Falcetti
Honeywell I.S.I.
Centro di Ricerca e Progettazione
Pregnana Milanese

1 - Introduzione

Si può spontaneamente recepire il titolo di questo articolo come un accostamento antitetico di parole, specie dopo tutta la risonanza che i "mass media" hanno dato al discusso viaggi dei Bronzi di Riace alla casuale e fortunata scoperta della tomba etrusca di Perugia o alla spedizione nel deserto egiziano alla ricerca dell'armata scomparsa di Cambise.

Stabilire una relazione tra una scienza o attività eminentemente umanistica come l'archeologia e i calcolatori appare a prima vista fuor di luogo.

Superato questo atteggiamento dal sapore di riflesso condizionato, e a un esame più attento, si può essere indotti a una conclusione del tutto contraria: in fondo l'archeologia è una scienza interdisciplinare forse ancor più di altri campi di ricerca che si definiscono tali, e ha mutuato strumenti di indagine dalla fisica, geologia, biologia, medicina, astronomia e altre scienze ancora.

Praticamente non c'è campo di ricerca che in questi ultimi decenni l'archeologia non abbia preso in considerazione per ricavarne possibili vantaggi in termini di raccolta di informazioni e di strumenti di interpretazione.

È quindi scontato che nella misura in cui gli elaboratori elettronici hanno trovato utile impiego in tutte queste scienze, ne deriva un vantaggio indotto o indiretto anche alla ricerca archeologica.

Sugli usi indiretti del calcolatore in archeologia si può scrivere un intero romanzo [1] e non è questa la sede.

Sono invece costretto, per economia di discorso, a limitare il campo di indagine (che malgrado questo resterà ancora ben ampio) e a suggerire questo tipo di tematica: è possibile che i calcolatori abbiano in archeologia una utilità che possiamo definire diretta per il solo fatto che i calcolatori sono in grado di immagazzinare dati e di trattarli ossia fornire in uscita informazioni elaborate o quanto meno selezionate?

Come vedremo, anche se non mancano le voci critiche, la risposta è senz'altro affermativa.

Anzi per alcuni archeologi l'uso dei calcolatori in archeologia costituisce "la più grande innovazione di metodo da quando il metodo stratigrafico è stato introdotto nella disciplina" [2].

E per apprezzare appieno questa conclusione è necessario cercare di definire cosa è l'archeologia.

Archeologia

L'archeologia non è attività di sostegno del collezionismo d'antiquariato.

Non è cioè una attività di ricerca (di solito mediante scavo) di vecchi oggetti o monumenti, belli o brutti che siano, che si raccolgono e si organizzano in collezioni museali.

L'archeologia è una scienza o forse meglio un metodo di ricerca interdisciplinare che studia il passato dell'uomo attraverso tutti i resti materiali e le tracce che l'uomo ha lasciato e sopperisce alla assenza o alla limitatezza di informazioni scritte, supplendo o integrandole, quando esistono, con la raccolta di dati che vogliono essere oggettivi o esatti [3].

In realtà, e questo è spesso l'equivoco della scienza archeologica, di oggettivo ci sono solo gli oggetti o reperti, mentre i dati che li rappresentano sono sempre affetti da una qualche imprecisione o soggettività descrittiva.

L'archeologia, dal punto di vista del momento temporale a cui si rivolge non è quindi archeologia classica, ma spazia nel tempo, dalle prime tracce di cultura materiale comprendendo quindi la branca specifica della Paletnologia fino ai nostri giorni [4].

Per quanto riguarda gli scopi che l'Archeologia si prefigge occorre sgombrare il campo dal preconcetto che essa miri solo al reperimento di oggetti o tracce del passato e al loro inserimento in un contesto cronologico.

Certamente la datazione assoluta o anche solo relativa costituiscono un aspetto fondamentale dell'indagine archeologica ma questo obiettivo non è fine a se stesso e serve per capire e spiegare come le attività e la cultura umana, le strutture sociali ed economiche si sono evolute, arricchite e diffuse. In altre parole serve a comprendere la dinamica cul-

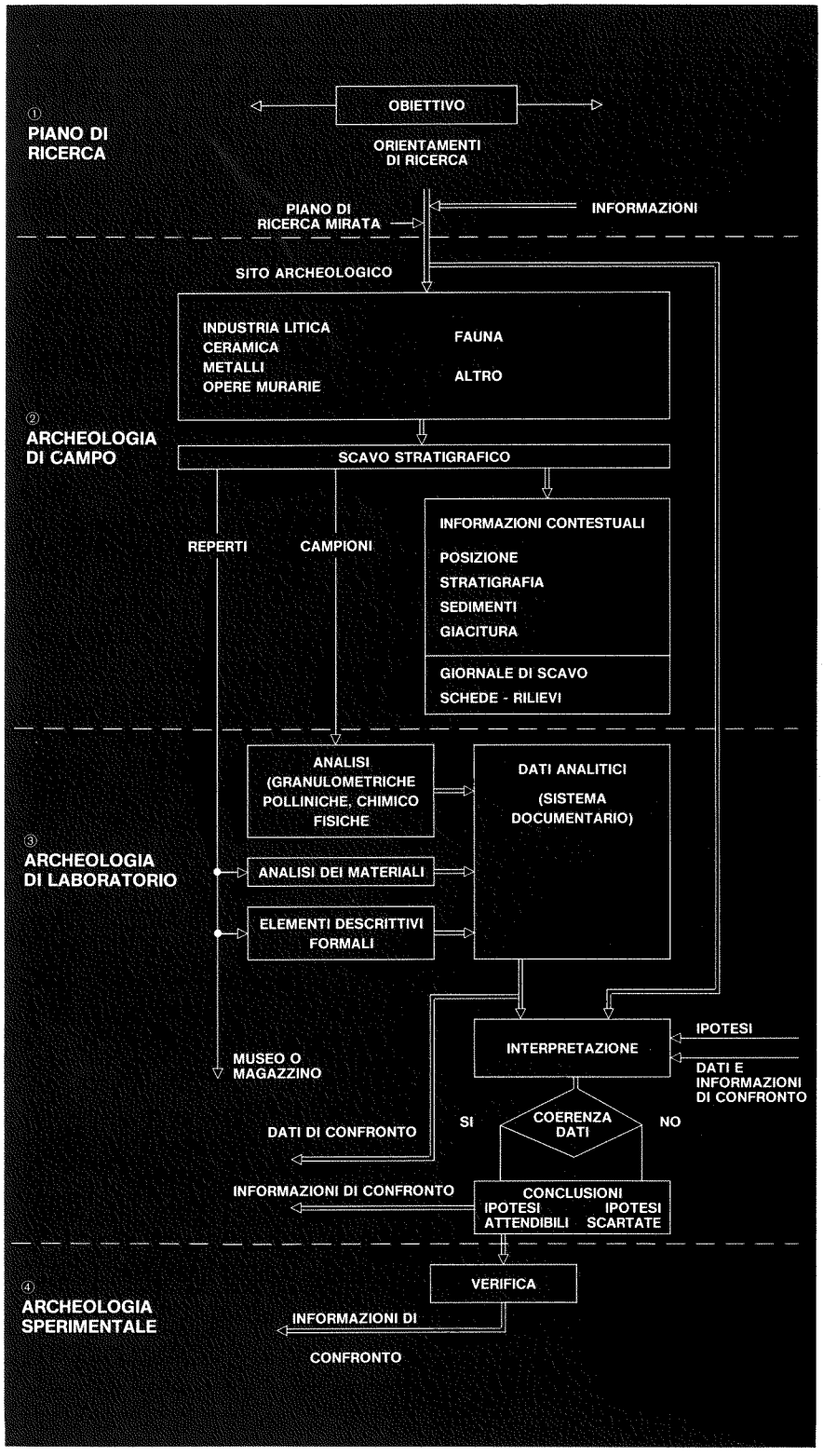


Fig. 1 - Il quadro metodologico della ricerca in archeologia.

turale e socio-economica del genere umano, e a ricostruirne la storia. Fondamentalmente questi obiettivi si realizzano in quattro momenti distinti della ricerca archeologica nei quali si può riassumere il suo metodo di indagine:

1. Impostazione del piano di ricerca.
2. Scavo (archeologia di campo).
3. Studio, esame dei reperti - confronto (archeologia di laboratorio)
4. Simulazione - verifica (archeologia sperimentale)

2. Il metodo di ricerca

La figura 1 si propone di riassumere in forma schematica di flusso il metodo archeologico per mettere poi in evidenza i diversi punti in cui il calcolatore elettronico contribuisce o può contribuire al successo della ricerca.

Piano di ricerca

Per quanto molto spesso una ricerca abbia inizio come attività di scavo e si scavi per il solo fatto che c'è un sito da scavare [5] cosa che ci rimanda direttamente al blocco della figura identificato come SITO ARCHEOLOGICO, il ricercatore si pone in generale degli obiettivi e in funzione di questi definisce i suoi programmi.

Viene subito in mente la tenacia di uno Schliemann che basandosi sui testi omerici scopre la città di Troia.

Il richiamo puramente esemplificativo, mette in evidenza che la ricerca deve essere mirata, ossia per concludersi con qualche probabilità di successo e con un minimo sforzo (tempo e risorse) deve essere basata su informazioni che consentano di orientarla. Insomma non si può sparare a caso.

E qui sorge il problema del reperimento di informazioni utili su cui ritorneremo in seguito.

Ma già con questa osservazione si può intravedere una specifica utilità dei sistemi di elaborazione dati, come depositari di banche di dati e strumenti di information retrieval.

Una volta impostato un piano di ricerca, questo può richiedere una attività di scavo, ossia la raccolta di nuovi elementi oggettivi, come può basarsi sul materiale già noto.

Nel primo caso ha inizio il momento dell'Archeologia di campo, nel secondo caso si passa direttamente al momento identificato come archeologia di laboratorio.

Archeologia di campo

l'archeologia di campo è quella attività con cui si estrae da un sito archeologico il maggior numero di dati utili.

Non si tratta solo di scavare per estrarre dal sito o mettere in vista quanto esso contiene, una industria litica, una fauna, del materiale ceramico, degli oggetti metallici, opere murarie, tombe od altro.

Lo scavo è per sua natura distruttivo e in assenza di adeguati criteri di esecuzione e raccolta di dati porta solo alla collezione di reperti dai quali, se avulsi dal loro contesto, si possono ricavare ben poche informazioni utili.

Lo scavo archeologico moderno è quindi condotto con criteri stratigrafici ossia distinguendo i materiali per strati o livelli di appartenenza che definiscono una sequenza temporale relativa di deposizione, e raccogliendo il maggior numero di informazioni contestuali.

Per ogni reperto (frammento osseo, pietra scheggiata, frammento ceramico, residuo carbonizzato) viene

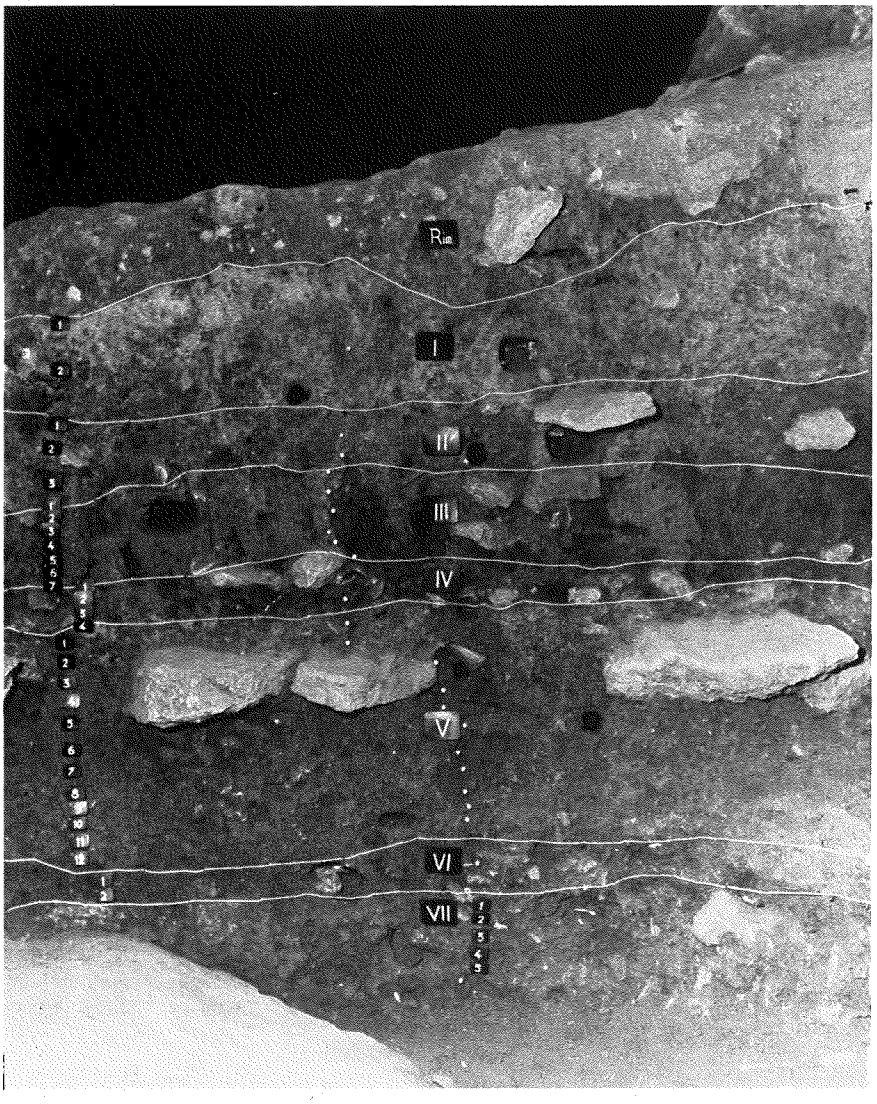


Fig. 2 - Esempio di rilievo stratigrafico. Finale Ligure, Arma delle Manie - Livelli del paleolitico medio (Foto Civico Museo del Finale).

assegnato un numero d'ordine, definita la sua posizione nel deposito attraverso la misura delle sue coordinate spaziali relative a un sistema di riferimento fisso, la sua giacitura (se disposto in piano rispetto al paleosuolo e quindi "naturalmente" o immerso e quindi soggetto a dislocazioni o in possibile giacitura secondaria).

In base al colore e alla caratteristiche del terreno si identifica e si registra l'andamento stratigrafico, che non è necessariamente orizzontale o piano, si mettono in evidenza irregolarità nell'orizzonte stratigrafico, come buche di pali, fosse di fondazione, canali e fosse di drenaggio ecc. (Figura 2).

Tutte queste osservazioni e misure confluiscono in un giornale di scavo, in schede di registrazione dei reperti e in rilievi topografici (planimetrie, sezioni) del sito.

Vengono anche raccolti, con le opportune cautele, campioni di terreno a livelli e settori diversi dello scavo per successive analisi.

Dulcis in fundo, tutto il terreno scavato viene setacciato per selezionare e raccogliere anche i più piccoli reperti e in alcuni casi viene sottoposto anche a più accurati procedimenti di galleggiamento e flottazione per l'identificazione di materiali a basso peso specifico.

È chiaro che uno scavo condotto con questi criteri ha tempi di esecuzione lunghissimi sui quali incidono in larga misura (più del 50%) le operazioni di registrazione dei dati.

Quale è il prodotto dell'archeologia di campo?

Da un lato i reperti (Figura 3), con tutti i problemi di conservazione e consolidamento che comportano, poi campioni di terreno, ma soprattutto informazioni contestuali il cui numero è di almeno un ordine di grandezza superiore al numero dei reperti.

Anche in caso di scavi di dimensioni modeste in siti non particolarmente ricchi si possono raccogliere migliaia di reperti [6].

Per fare un esempio limite, nel sito di Koster, Illinois i cui livelli archeologici spaziano dall'800 al 1500 A.C., si sono raccolti ben 5 milioni di reperti [7] [8].

Come utilizzare con strumenti manuali questa mole di dati appare immediatamente una impresa ardua o impossibile.

Si è quindi inevitabilmente fatto ricorso all'uso di un sistema EDP fin dalla prima fase di registrazione dei dati [9] [10].

Fig. 3 - Esempio di reperti "in situ". Finale Ligure, Arma delle Manie. La superficie inquadrata è di circa 25 x 30 cm.

Archeologia di Laboratorio

Anche se è vero che "le pietre parlano", così si intitola un piacevole libro di divulgazione archeologica [11], bisogna trovare il modo di farle parlare.

I reperti archeologici a se stanti, non sono in effetti, per usare la stessa metafora, molto loquaci, anzi il più delle volte restano inesorabilmente muti.

È solo dall'*analisi* dei reperti e dal *confronto* che si possono trarre conclusioni di qualche sorta.

Una semplice pietra si caratterizza come scheggiata perché è possibile analizzare l'aspetto superficiale e contrapporla per confronto con dei ciottoli e delle pietre levigate.

Così l'attività di scavo non esaurisce il metodo di ricerca archeologica che piuttosto trova il suo momento più significativo nella archeologia di laboratorio.

L'archeologia di laboratorio "traduce" e classifica i reperti e li descrive mediante attributi formali e materiali, analizza i campioni per raccogliere ulteriori dati contestuali del sito archeologico, e fa confluire queste informazioni, insieme a quelle che risultano dal giornale e dalle schede di scavo, in un corpus descrittivo che documenta in qualche modo il sito archeologico scavato e i suoi reperti.

I reperti, in quanto tali, spariscono in un certo senso dalla circolazione. Una parte infinitesima, costituita dagli oggetti più belli, più significativi o più completi finisce nelle vetrine dei musei a disposizione del pubblico (quando e se i musei sono aperti).

La rimanente, viene depositata in magazzini, potenzialmente a disposizione di studiosi ma di fatto, nella maggior parte dei casi, materialmente inaccessibile per la carenza di adeguati sistemi di inventario.

Il primo prodotto dell'archeologia di laboratorio sono quindi e possiamo dire *esclusivamente* i dati di un corpus descrittivo.

Il corpus descrittivo è in realtà sempre, entro certi limiti, organizzato in un "sistema documentario" ossia in un insieme di regole più o meno esplicite di natura semantica, sintattica o convenzionale.

Il corpus descrittivo, viene quindi interpretato, in generale con il supporto esterno di altri dati di confronto o altri corpus da cui si sono ricavate informazioni di confronto, e viene verificata logicamente la coerenza dei dati raccolti con possibili ipotesi di lavoro, per ricavare delle conclusioni.

L'"output" di questa fase è quindi un corpus di dati, che possono essere usati in altre ricerche, e di informazioni conclusive che sono state estratte dall'interpretazione dei dati e che a loro volta possono servire come base di interpretazione per altre ricerche.

Fino a che punto il corpus di dati rappresenta la realtà del sito archeologico, e fino a che punto le informazioni conclusive sono attendibili rappresenta il punto cruciale della ricerca archeologica.

A questa incertezza, anche l'archeologia ha cercato di sopperire con il metodo sperimentale.

Archeologia sperimentale

In questi ultimi anni si è cercato di sottoporre a verifica sperimentale, fin dove possibile, le conclusioni raggiunte con l'indagine archeologica.

È stato così possibile confermare le ipotesi fatte sulle tecniche di scheggiatura della pietra utilizzate in epoca preistorica, nonché le diverse tecniche di preparazione, formazione e cottura degli impasti ceramici e in generale sulle tecniche di esecuzione di oggetti, strumenti e incisioni rupestri.

In termini di verifica di interi contesti archeologici si è registrato lo stato di insediamenti temporanei di gruppi tribali primitivi al momento del loro abbandono e si è verificato, a distanza di mesi e di anni, come gli agenti naturali modificavano tale stato, disperdendo e alterando i resti dell'insediamento [12].

Scopo di queste indagini è verificare per analogia nella distribuzione di reperti, nel loro grado di alterazione e frammentazione, l'interpretazione che si dà dei siti archeologici per esempio come luoghi di insediamento stabile, temporaneo, stagionale o come "atelier" o semplici bivacchi.

Sono stati anche ricostruiti modelli di insediamento e capanne il più possibile conformi a certi schemi interpretativi di siti archeologici scavati, per verificare che tipo di tracce o resti lasciano nel tempo al seguito di incendio o abbandono.

Evidentemente si tratta di sperimentazioni possibili sono in alcuni casi limitati.

Per gli altri, pur nei limiti di incertezza della definizione dei parametri in gioco, il solo mezzo possibile di verifica è la simulazione attraverso un modello numerico che viene fatto evolvere e studiato per mezzo di un calcolatore elettronico.

Calcolatori in archeologia

Fin qui si è parlato molto superficialmente di archeologia e niente o quasi di calcolatori.

Si è però messo in evidenza che l'archeologia di campo e di laboratorio producono in definitiva più dati che reperti e operano più su dati che su reperti in quanto tali.

Si è anche evidenziato che sia nell'impostazione delle ricerche archeologiche come nell'interpretazione dei dati raccolti con la ricerca il reperimento prima ed il confronto poi con informazioni guida giocano un ruolo essenziale.

Come selezionare le informazioni utili in tutto lo scibile umano, come utilizzare adeguatamente i dati di scavo e di laboratorio per produrre delle corrette conclusioni interpretative diventa un problema economico e di fattibilità di raccolta e sintesi di informazioni.

È inevitabile che in questa ottica i calcolatori abbiano attirato su di se l'interesse degli archeologi fin dal loro primo apparire e abbiano dato luogo a una molteplicità di applicazioni, che si riconducono fondamentalmente a quattro tematiche:

1) elaborazioni di dati
2) formazione, verifica e simulazione di ipotesi e modelli
3) sistematizzazione dei dati e classificazione,

4) catalogazione, archiviazione e ricerca di informazioni.

La distinzione fatta è alquanto arbitraria in quanto tutte le tematiche presuppongono in qualche modo una elaborazione di dati, ma è utile per distinguere aspetti diversi, anche se correlati, dell'uso dei calcolatori in archeologia.

3 - Elaborazione

Mentre immagino che il lettore dia per scontata l'utilità dei calcolatori come efficace strumento di information retrieval, è opportuna una digressione che spieghi come mai l'elaborazione dei dati può essere così importante in archeologia.

In altre parole, a cosa serve sapere per fare un esempio elementare, se in un certo sito preistorico del Paleolitico l'indice di Levallois, ossia il rapporto tra il numero di strumenti litici ottenuti con una tecnica di scheggiatura che presenta una preparazione del nucleo e il numero totale di strumenti, ha un certo valore rispetto a un altro, oppure, per fare un altro esempio, quale è la frequenza relativa dei vasi a bocca quadrata rispetto ai vasi carenati ai diversi livelli di un sito neolitico.

Si tratta di elaborazioni elementari, eseguibili spesso manualmente, ma una volta risolta la questione di principio se sono utili, si arriva a concludere che la loro esecuzione da parte di un calcolatore è certamente utile e molto spesso, come vedremo, indispensabile.

Richiamiamo quindi quelli che sono i criteri fondamentali per l'interpretazione dei dati archeologici.

Il criterio stratigrafico

La disposizione di reperti nello stesso luogo, in una sovrapposizione stratigrafica che non è stata alterata da agenti esterni definisce una cronologia relativa dei reperti.

Il confronto tra le caratteristiche di reperti già ordinati cronologicamente, per esempio mediante il criterio stratigrafico, consente di definire una evoluzione o un cambiamento tipologico.

Il criterio della somiglianza

La somiglianza tipologica di reperti appartenenti a siti diversi consente di stabilire corrispondenze cronologiche tra siti diversi.

Il criterio della coerenza contestuale

Le attribuzioni cronologiche relative dei reperti effettuate su base tipologica devono essere coerenti con le attribuzioni cronologiche effettuabili sulla base di dati e reperti contestuali come altri elementi tipologici la fauna / flora associata, le caratteristiche pedologiche ecc.

Fondamentalmente sulla base di questi criteri si è costruito nella prima metà del nostro secolo uno schema di relazioni e attribuzioni cronologiche di massima in cui rilevante era il ruolo di certi reperti visti come "fossili guida" e il criterio di somiglianza era usato in modo molto qualitativo e soggettivo.

Criteri fondamentali, come quelli statistici di rappresentatività del campione di reperti scavati rispetto al sito archeologico o di dispersione di una popolazione reperti-individui rispetto a un tipo medio erano completamente trascurati.

Questo consentiva per esempio a un autorevole e serio studioso come Boule di ricostruire una struttura antropometrica dell'uomo di Neanderthal, sulla base dello scheletro trovato a Chapelle Aux Saints di un individuo anziano (o vegliardo se si considera la vita media oggi stimata per gli esseri umani di quel tempo) affetto da artrosi, ricostruzione che non corrisponde affatto a quella "tipo" che ulteriori ritrovamenti consentono di effettuare con molta maggiore attendibilità.

È solo verso gli anni '50 che il rinnovato impeto di ricerca archeologica, con il moltiplicarsi delle ricerche e dei ritrovamenti e con l'affinamento delle tecniche di scavo, presenta il problema di una interpretazione dei dati archeologici in termini quantitativi più rigorosi.

Ci si rende conto che la caratterizzazione di facies e industrie diverse e la definizione di relazioni di somiglianza/diversità, può essere meglio stabilita tenendo conto non solo dell'aspetto qualitativo dei reperti, ma anche della relativa frequenza.

Così per ritornare all'esempio proposto, la tecnica di scheggiatura detta levalloisiana, che presuppone un progetto più complesso ed evoluto di prodotto e processo produttivo rispetto alla tecnica comunemente usata nel paleolitico inferiore (senza preparazione del nucleo) è già presente nel pieno del paleolitico inferiore.

L'uso puro e semplice della tecnica di scheggiatura come attributo distintivo è quindi di per sè poco caratterizzante.

Acquista significato se dal fatto qualitativo si passa ad una valutazione numerica quantitativa.

Nelle industrie del paleolitico inferiore, i reperti che presentano una scheggiatura di tipo Levallois sono molto pochi rispetto al complesso dei reperti litici, mentre nel paleolitico medio la loro frequenza è assai elevata.

Viene spontaneo pensare, e le ricerche lo confermano, che l'aumento di frequenza nel tempo sia un fenomeno continuo unimodale.

Così la definizione e determinazione di un semplice rapporto numerico diventa, oltre che un mezzo di descrizione sintetica, uno strumento per giudicare l'età di una industria e di un sito archeologico, e, qualora questa età risulti in contrasto con altri elementi, ovvero questo indice misurato si scosti da un valore atteso si propone la ricerca e l'identificazione delle possibili cause di tale scostamento.

Si tratta di non rappresentatività del campione, isolamento o attardamento culturale, specializzazione del sito, carenza di materia prima adatta o cos'altro?

Le stesse considerazioni valgono per le caratteristiche tipologiche e stilistiche dei manufatti ossei, ceramici, metallici e delle costruzioni.

Questo criterio interpretativo costituisce un esempio di seriazione statistica ed è stato proposto nella sua sostanza a partire dal 1950 da F. Bordes che è considerato il padre della tipologia statistica in Preistoria.

Lo stesso concetto generalizzato,

trovava nel 1951 spunti nel contatto tra un archeologo (Brainard) e un matematico (Robinson) per proposte di seriazione automatica [13] [14].

È sorprendente che un concetto che oggi può apparire scontato abbia di fatto poco più di trenta anni di vita.

In archeologia si è quindi cominciato a far uso di dati statistici, a descrivere popolazioni di reperti mediante indici di frequenza, istogrammi, diagrammi, tavole di dispersione, e a sfruttare algoritmi statistici per stabilire correlazioni e dipendenze.

E più i metodi matematici e statistici trovavano applicazione in archeologia, più appariva evidente quanto fosse dispendioso in termini di tempo questo tipo di approccio che richiedeva l'esecuzione di calcoli e conteggi spesso semplici ma anche interminabili.

È quindi naturale che per quanto l'uso dei metodi matematici in archeologia non sia strutturalmente legato all'uso dei calcolatori quest'ultimo si sia prospettato come uno strumento utile e in alcuni casi indispensabile.

È difficile stabilire senza un rigoroso e sistematico controllo delle fonti disponibili quando il calcolatore sia stato usato la prima volta per effettuare delle elaborazioni o anche semplici diagrammi statistici di interesse per l'archeologia.

Certamente, come è tipico per l'interdisciplinarità di questa scienza, ciò è avvenuto per il contatto di archeologi con il mondo dell'informatica e grazie all'interesse di matematici ed esperti di programmazione per l'archeologia.

Ciò deve essere avvenuto verso il 1958-59 in una epoca in cui i sistemi EDP ancora costituivano delle risorse costose di limitata diffusione, difficili da usare e quindi per diversi motivi elitarie.

George L. Cowgill identifica il primo uso di un calcolatore elettronico nella ricostruzione di una rete economica nell'antico Oriente, fatta da Ihm, Gardin e Garelli in Francia [15].

Ma già a partire dal 1963 l'uso dei calcolatori appare documentato da rapporti e pubblicazioni [16] che si moltiplicano negli anni successivi.

Anche in Italia l'uso dei calcolatori per l'elaborazione statistica di dati archeologici prende piede.

Per quanto pubblicata solo nel 1977 è degna di nota, perché probabilmente prima in Italia, l'elaborazione statistica, limitata ai soli fini descrittivi, ma potenzialmente suscettibile di trattamento più sofisticato, come l'identificazione di correlazioni statistiche, effettuata da Gino Pezzoli tra il 1971 e il 1972 sui reperti ceramici dell'Isolino di Varese [17].

In questo caso si trattava di classificare e descrivere in forma sintetica, mediante istogrammi e tabelle di frequenza, più di 5000 reperti ceramici la cui età spazia dal neolitico inferiore all'età del bronzo.

E l'analisi statistica mostra per esempio in maniera quantitativa, anche se non inequivocabile, il riaffermarsi di una moda stilistica tipica del neolitico medio (quella dei così detti vasi a bocca quadrata) in un periodo in cui cominciano ad affermarsi e a prevalere recipienti così detti "carenati" tipici della posteriore cultura di Lagozza.

Ciò in contrasto con la regola di unimodalità, normalmente rispettata dalle diverse tipologie, e confermata, per restare nei limiti dell'esempio fatto (dei vasi a bocca quadrata) dalle serie stratigrafiche delle Arene Candide in Liguria.

Perché questa anomalia? È apparente e dovuta solo ai criteri di ripartizione usati nella serie statistica o ci sono altre ragioni?

Il calcolatore non ha risposto, anche perché su questo punto non è stato interrogato.

Ma in altri casi il contributo portato dal calcolatore è stato essenziale per fornire risposte a problemi che altrimenti non avrebbero avuto soluzione.

Per esempio in un sito archeologico in Inghilterra su una superficie di 8000 m^2 sono state identificate più di 2500 buche di pali distribuite in maniera apparentemente casuale.

Tra le possibili funzioni dei pali piantati nel terreno c'è quella di costituire strutture lignee di capanne. In questo caso le buche di pali sono disposte nel terreno a costituire quadrati, rettangoli, cerchi, ovali.

Per più di venti anni gli archeologi si sono invano sforzati di stabilire delle correlazioni tra tutti quei buchi.

È solo con l'ausilio del calcolatore che è stato possibile identificare delle disposizioni circolari di buche, plausibilmente rappresentative di fondi di capanna [18]. Una simile indagine è stata effettuata sui resti subaquei del villaggio villanoviano del Gran carro sul lago di Bolsena e sulle palafitte del lago di Viverone.

Per fare un altro esempio possiamo citare una cultura del Bronzo medio diffusa nell'Italia centrale e meridionale e definita come civiltà appenninica.

Un tipo di ceramica caratteristico di questa cultura è genericamente denominato "capeduncola" ed è caratterizzato da un'ampia decorazione graffita.

Le ricerche hanno messo in evidenza che in una prima fase di questa cultura, denominata Protoappenninica, si trovano "capeduncole" non decorate apparentemente identiche a quelle che si trovano nella fase finale della cultura appenninica denominata "Subappenninica".

È evidente che in un contesto stratigrafico in cui è rappresentato il pieno della cultura appenninica l'attribuzione di "capenducole" non decorate al Protoappenninico o al Subappenninico può essere fatta agevolmente secondo che le "capenducole" si trovano stratigraficamente sotto o sopra le "capenducole" decorate, tipiche del pieno della cultura.

In assenza di contesto stratigrafico e di altri elementi di riferimento l'attribuzione è apparentemente impossibile.

Questo tipo di ceramica è stato studiato quantitativamente, ma né gli istogrammi di distribuzione di certe grandezze tipiche, come il diametro alla bocca, al collo, al ventre, l'altezza totale e l'altezza del collo, né i diagrammi di dispersione di coppie di queste grandezze e il calcolo di indici di correlazione lineare hanno fornito informazioni utili o rivelato differenze significative tra le due fasi di questa cultura.

È solo con il calcolo di una funzione di regressione multipla, fatto naturalmente con calcolatore, che è stato

possibile mettere in evidenza una relazione statistica tra l'età del reperto (e quindi la sua attribuzione al Protoappenninico o al Subappenninico) e *l'insieme* delle grandezze tipiche di ciascun oggetto, ciascuna delle quali pesa in diversa misura.

Trattandosi di una relazione statistica non può essere usata per l'attribuzione cronologica di un solo reperto di età ignota, ma nel caso di un campione statisticamente valido di più reperti provenienti dallo stesso contesto fornisce uno strumento di datazione in più allo studioso [19].

E per sgombrare ancora una volta il campo dal pregiudizio che l'Archeologia si occupi di datare dei reperti, un terzo esempio può essere utile. Già nel 1963 i frammenti ceramici raccolti in un Pueblo dell'Arizona sono stati sottoposti ad analisi statistica, e il calcolatore ha identificato quattro addensamenti funzionali di tipi di ceramica, quattro tipi di stanze e un probabile complesso cerimoniale di cinque tipi di ceramica.

Si è anche scoperto che non solo questi addensamenti di oggetti tendevano ad essere localizzati in certe aree del sito ma anche che certi tipi di stanze contenevano ceramiche per una funzione specifica [20].

Con questo metodo di indagine i siti archeologici perdono l'opacità che ci viene in generale trasmessa dalle raccolte museali e acquistano la vivacità dei luoghi in cui si riconosce il modo di vivere della gente: qui dormivano, là mangiavano, più in là ancora cucinavano, là era l'officina artigiana, ecc.

4 - Formazione, verifica, simulazione di ipotesi e modelli

Certamente dagli esempi che precedono e dalla letteratura disponibile non si trae la conclusione che il calcolatore abbia portato fino ad ora in archeologia a scoperte sensazionali, di quelle che fanno notizia.

Anzi il più delle volte ha confermato che dalle informazioni disponibili più di tanto non si poteva ricavare.

E proprio questa umile funzione di controllo e verifica è particolarmente utile per l'archeologia.

Molto spesso in archeologia si è indotti, sulla base di tenui elementi, di indizi, a formulare delle ipotesi, a interpretare dei dati e poi magari a prendere in considerazione solo quei fatti e quegli elementi che supportano le ipotesi e le interpretazioni date e in un certo senso le rendono attendibili. Questo tipo di approccio è estremamente pericoloso anche per le conseguenze che ne derivano in cascata.

Ipotesi formulate con qualche parvenza di attendibilità diventano nel processo di comunicazione delle verità inconfutabili, che supportano altre ipotesi e così via.

Insomma si rischia di costruire dei castelli di carta e spesso succede.

È proprio per questo che è nata, come reazione critica, l'archeologia sperimentale.

E il calcolatore, anche se non scopre niente di nuovo, diventa uno strumento rigoroso di verifica e di controllo.

Per esempio, sempre per restare nel campo dell'analisi statitistica ci si è chiesti se l'uomo preistorico, nel ricavare da ciottoli i così detti "choppers" ossia ciottoli parzialmente scheggiati, avesse dei criteri preferenziali ossia scegliesse dei ciottoli allungati e li scheggiasse preferibilmente all'estremità piuttosto che sul fianco.

Al calcolatore sono stati dati in pasto angoli, misure di lunghezza, larghezza, misure radiali di serie di choppers, e la risposta, tradotta in linguaggio umano è stata:

"Qualunque sistema di indagine statistica venga usato, non si può trovare una correlazione statistica tra i diversi parametri che individui una apparente e significativa preferenzialità di scelta nella forma del ciottolo e nella zona di scheggiatura". [21].

Per quanto negativa l'informazione è abbastanza utile per scoraggiare ulteriori indagini nella direzione e per orientare l'attività verso altri tipi di ricerche.

L'esempio citato può essere considerato come formulazione o come verifica di ipotesi secondo lo strumento matematico usato.

L'analisi fattoriale consente di esplicitare possibili relazioni tra gli attributi variabili di una popolazione di oggetti indipendentemente da e in assenza di qualsiasi ipotesi preliminare.

In questo caso le variabili sono il minore o maggiore grado di allungamento dei ciottoli e la disposizione della scheggiatura sui ciottoli, espresse da convenienti misure.

Con l'analisi della varianza e della correlazione tra varibili si può invece verificare statisticamente se l'ipotesi di relazione tra forma del ciottolo e disposizione della scheggiatura è verificata.

Un esempio di simulazione di ipotesi o di modello mediante calcolatore è dato invece dal "Pipes Program" o programma per le pipe scritto da Ned e Lou Heide [22].

Le ricerche condotte indicano che nelle pipe in caolino fabbricate in Inghilterra dal 1600 al 1800 il diametro del foro nel cannello si riduce nel tempo.

Circa 20 anni fa Lewis Binford ha calcolato una retta di regressione di equazione

$$y = 1931{,}85 - 96{,}40x$$

dove y è l'anno di produzione della pipa e x è il diametro del foro espresso in mm.

L'equazione è il modello o la simulazione di un fenomeno variabile di interesse archeologico.

Per risolvere l'equazione non è ovviamente necessario l'uso di un calcolatore.

Tuttavia l'uso del calcolatore e la preparazione del relativo programma è utile in quanto assegnato un insieme di oggetti, (fremmenti di pipa) appartenenti a uno stesso contesto archeologico, consente di ricavare rapidamente l'età media e la distribuzione dei pezzi in istogramma.

5 - Sistematizzazione dei dati e classificazione

In qualsiasi momento della nostra giornata noi facciamo uso incosciamente di categorie o schematizzazioni mentali che presuppongono una organizzazione sistematica delle nostre percezioni ed esperienze (e

quindi dei dati che ne possiamo ricavare) e una loro classificazione.

Generalmente la polisemia "classificazione" ha il doppio significato sia di operazione di organizzazione sistematica in classi, sia di attribuzione di una esperienza, percezione ad una classe.

Qui è usata con questo secondo significato.

Quando chiediamo carta e matita per prendere un appunto non ci riferiamo a un determinato pezzo di carta o a un determinato oggetto per scrivere ma a qualsiasi cosa che rientri nella categoria o nel tipo che classifichiamo rispettivamente come carta o matita.

Anzi in questo caso l'espressione matita diventa generalmente sinonimo per penna, biro, pennarello ossia qualsiasi strumento in grado di lasciare una traccia su un supporto cartaceo.

Anche gli attributi degli oggetti e non solo gli oggetti costituiscono materia di classificazione.

Quando diciamo che una persona ha i capelli biondi o bruni, non identifichiamo un biondo o bruno determinato ma classifichiamo il biondo o bruno percepito in un insieme di percezioni coloristiche affini, in una classe i cui confini sono da noi implicitamente e arbitrariamente definiti.

Tanto è vero che quello che per noi è ancora biondo per altri pur non essendo bruno è già castano, o viceversa.

Queste considerazioni possono apparire futili in questo contesto ma consentono di esplicitare il grosso problema sotteso in archeologia alla sistematizzazione dei dati e alla loro classificazione.

Abbiamo infatti espresso l'ambiguità che deriva dall'espressione formale dei nostri concetti per effetto di polisemie, sinonomie e arbitrarietà soggettiva, variabile nel tempo con cui utilizziamo i nostri schemi mentali.

A dispetto di questa ambiguità soggettiva la sistematizzazione delle percezioni ed esperienze e la loro classificazione costituiscono uno strumento formidabile e indispensabile di comunicazione che è tanto più efficace ed effettivo quanto più c'è omogeneità di criteri discriminanti tra i soggetti.

Anche in archeologia la sistematizzazione dei dati e la loro classificazione hanno notevole importanza.

Senza di queste l'archeologia tratterebbe di singoli oggetti o individui percepiti senza riuscire a cogliere e a comunicare in modo sintetico le somiglianze ed affinità che li legano.

I criteri seguiti dagli archeologi nella organizzazione sistematica dei dati relativi a reperti e nella classificazione sono stati per molti anni soggettivi e in buona parte impliciti.

Non sono quindi mancati gli equivoci e le incomprensioni e non è solo una impressione personale che molta energia sia stata spesa più a mettere in evidenza le differenze tra le esperienze archeologiche dei singoli, a creare nuove tipologie e culture piuttosto che a cercare quelle somiglianze di base e quelle relazioni che legano tra di loro oggetti e dati distinti.

Con l'introduzione in archeologia di metodi di indagine più scientifici, c'è stata una inversione di tendenza ma è solo con le prime applicazioni dei calcolatori elettronici alla ricerca archeologica che il problema si è presentato in tutta la sua drammaticità.

Il calcolatore è estremamente stupido o se vogliamo essere più onesti è estremamente rigido e rigoroso.

Non accetta, se non è così programmato, polisemie, sinonimie, non modifica i suoi schemi logici e i risultati che produce dipendono dal rigore formale con cui gli vengono presentate le informazioni.

È stato quindi necessario per gli archeologi fare po' d'ordine anzitutto nei loro schemi mentali e chiarire a se stessi esattamente quali erano i criteri da loro seguiti nelle loro sistematizzazioni e quale era il preciso ed effettivo significato delle parole da loro usate.

E attraverso questa analisi si è messo chiaramente in luce che le organizzazioni sistematiche, le categorie mentali usate, per quanto tutto sommato valide, erano completamente arbitrarie e potevano anche essere sostituite da altre sistematizzazioni che avrebbero potuto rivelarsi più efficaci o almeno formalmente più rigorose.

Così mediante l'ausilio del calcolatore, si è cominciato a indagare se non era possibile ottenere sistematizzazioni di dati e quindi dei reperti relativi, basate su criteri di distanza misurata, costanti e oggettivi e se attraverso queste nuove sistematizzazioni non era possibile cogliere relazioni che fino ad allora erano rimaste nascoste.

Nel peggiore dei casi il minimo risultato che si poteva ottenere era l'esplicitazione delle variabili sottese a classificazioni prestabilite e la verifica della loro validità con la possibilità di effettuare la classificazione di nuovi individui (ossia l'attribuzione di nuovi individui a classi preformate) non sulla base di giudizi ed impressioni soggettive, ma di misure entro certi limiti rigorose.

La clustering analysis è uno strumento assai efficace che può essere usato a questo scopo.

Un esempio di clustering analysis, nel caso di popolazioni caratterizzate da due attributi è dato dalla rappresentazione della popolazione in diagramma di dispersione: senza bisogno di calcoli si ottiene la percezione visiva di raggruppamenti che possono giustificare una suddivisione in gruppi o classi che non sia puramente arbitraria.

Nel caso di popolazioni caratterizzate da più di due variabili, è necessaria l'introduzione di rigorosi concetti di distanza tra individui (distanza euclidea o vettoriale, scalare sulle diverse coordinate) e di normalizzazione delle misure per cui il calcolatore si rivela indispensabile.

È solo così che si riesce a identificare raggruppamenti e gerarchie di raggruppamento significative, nonché a valorizzare il peso dei diversi attributi.

Per esempio, certi bifacciali del paleolitico inferiore sono classificati qualitativamente (Fig. 4) come triangolari, subtriangolari e cordiformi.

Il campo di variabilità della popolazione è praticamente continuo da un tipo all'altro.

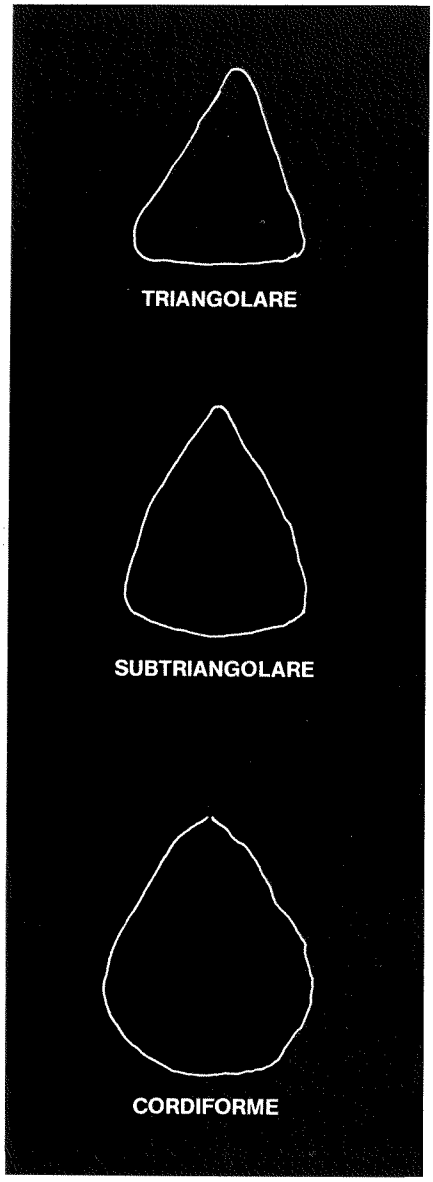


Fig. 4 - Classificazione di bifacciali secondo la forma.

È intuitivo che la divisione nei tre tipi è arbitraria e tuttavia il margine di incertezza nella attribuzione di un di un bifacciale a un tipo piuttosto che a un altro, basata sulla osservazione dell'individuo da parte di più soggetti (archeologi) è modesto.

Devono quindi esistere dei criteri di misura oggettivi o espliciti che consentono la classificazione e che corrispondono ai criteri intuitivi e non espliciti usati dagli archeologi.

Bordes ha definito come parametri caratteristici il rapporto tra lunghezza del bifacciale L e distanza a della sezione di maggior larghezza dalla base nonché il rapporto tra larghezza della sezione mediana n e larghezza massima m (fig. 5).

La Clustering analysis mostra invece che non solo tali parametri non definiscono raggruppamenti significativi distanti l'uno dall'altro ma che non risolvono le tre classi di individui distinti ossia c'è commistione tra gruppi.

I parametri scelti non sono quindi adatti come attributi per una classificazione tipologica [23] e non riflettono i criteri intuitivi usati.

È quindi preferibile usare parametri diversi che possono essere definiti.

Una volta "esplicitato" l'algoritmo che presiede alla sistematizzazione, la classificazione di un oggetto non è più un fatto soggettivo ma diventa una operazione scientifica.

L'uso del calcolatore in questa fase può apparire eccessivo.

Ancorché la classificazione comporti la misura di alcuni parametri la riconduzione di un oggetto a una classe di appartenenza può apparire un fatto triviale.

In realtà quanto più "fine" e complesso è il sistema di classificazione adottato, tanto più difficile risulta l'operazione di classificazione.

Per esempio di fronte a un reperto osseo anche se integro, ma sconnesso anatomicamente da altri reperti sarà certamente facile classificarlo tra le ossa lunghe, corte o piatte.

Dire di quale parte anatomica si tratta e di quale specie è molto più difficile.

Una corretta classificazione richiede il confronto degli attributi del reperto osseo con gli attributi di tutte le possibili classi (specie e parte scheletrica).

Il confronto è ulteriormente complicato dal fatto che per ogni tipo osseo, non esiste un solo modello, ma un campo di variabilità del modello per età, sesso e alterazioni patologiche.

Non per niente lo studio dei reperti ossei salvo nel caso di reperti particolarmente caratterizzati, è così laborioso che viene spesso trascurato [24].

E stata quindi messa a punto una banca di dati osteologica e un programma che consente di effettuare automaticamente (anche le misure del campione sono immesse automaticamente nel calcolatore) questa operazione di confronto e che fornisce in lista una o più possibili classi di appartenenza.

6 - Information Retrieval

Si è già accennato, dandola come scontata, alla utilità dei calcolatori per la costituzione di banche di dati da consultare, sia per la definizione del piano di ricerca, sia per il confronto e l'interpretazione dei dati o risultati di uno scavo.

Il problema del reperimento rapido e completo di informazioni utili è un problema che interessa tutte le attività umane e a dispetto della costituzione di innumerevoli banche di dati di tutti i generi può dirsi ben lungi dall'essere risolto.

In archeologia è reso ancora più drammatico per la coesistenza di diversi fattori negativi quali la disparità dei campi di documentazione di potenziale interesse, la non lucratività dell'attività archeologica e, senza alcun intendimento critico, il "provincialismo" della documentazione archeologica.

Definire quali sono le informazioni utili per impostare un piano di ricerca archeologica è impossibile: se leggiamo per esempio un recente articolo di M.O.H. Carver [25] notiamo che nello schematizzare, come qui è fatto in fig. 1, una procedura di scavo archeologico, le informazioni utili per l'impostazione del piano di scavo sono da lui definite come "TUTTE LE OSSERVAZIONI POSSIBILI".

In altre parole, tutto, lo scibile umano può essere utile, ma il problema è costituito dalla possibilità di identificare quello che serve.

Anche se l'obiettivo è scoprire un sito archeologico di età preistorica, la storia del luogo è utile per sapere fino a che punto, nel corso dei secoli, l'attività umana può avere intaccato o modificato la natura del luogo, sovrapponendo nuove strutture e depositi al possibile giacimento preistorico o addirittura distruggendolo.

Anche la conoscenza della evoluzione geologica naturale del luogo è indispensabile.

A nessuno verrebbe in mente di fare

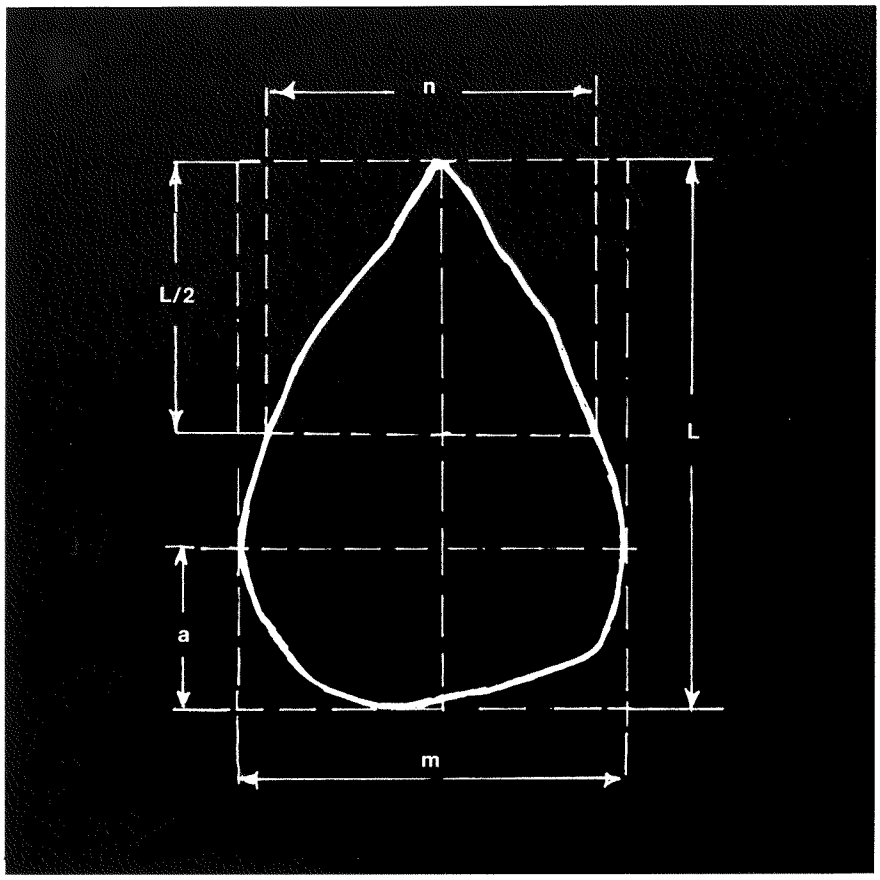


Fig. 5 - misure caratteristiche di un bifacciale (secondo una proposta di Bordes).

ricerche archeologiche sistematiche sul greto del fiume ad Arena Po, dove pure il fiume ha deposto e continua a depositare fossili del quaternario, ossa umane, probabilmente risalenti al mesolitico. È evidente che si tratta di reperti non in giacitura primaria e quindi avulsi da qualsiasi contesto stratigrafico.

Anche il precedente rinvenimento casuale o intenzionale, superficiale o meno di reperti archeologi può indirizzare la ricerca in luoghi specifici e quindi la disponibilità di una documentazione archeologica che tenga conto anche delle segnalazioni e dei ritrovamenti occasionali è uno strumento essenziale.

Questi sono solo esempi generali dei possibili temi che possono acquistare rilevanza per una pianificazione di ricerca archeologica e in funzione degli obiettivi di ricerca, questi o altri tipi di informazione possono rendersi utili.

L'interpretazione dei dati risultanti da una ricerca archeologica, poi, richiede come momento fondamentale il confronto di questi con la documentazione archeologica esistente, sia ai fini di una possibile datazione, sia ai fini dell'identificazione di correnti culturali, di influssi, di scambi commerciali.

Questa operazione di confronto avviene prevalentemente con lo studio della letteratura esistente: è erroneo pensare che si esaurisca solo nel confronto diretto di "oggetti" esistenti nei magazzini o nelle vetrine dei musei per due ragioni: primo la difficoltà materiale ed economica di effettuazione del confronto, secondo il parziale contenuto informativo che l'oggetto in se fornisce.

Si è già detto in precedenza che la maggior parte delle informazioni utili in archeologia derivano dalla relazione tra più oggetti, non dal singolo oggetto, e questa relazione è espressa quasi esclusivamente dai rapporti scritti e dalle pubblicazioni relative agli scavi, anche se in qualche caso si cerca di rappresentarla con una opportuna organizzazione museale.

Oggi sono disponibili nel mondo migliaia di banche di dati, centinaia delle quali, sui più svariati argomenti accessibili pubblicamente, a distanza, mediante terminale e con spesa modestissima.

Le tematiche trattate sono però in generale legate ad interessi professionali e culturali diffusi, esiste cioè un mercato delle informazioni, pronto a pagare per le informazioni, che giustifica i rilevanti investimenti necessari per la costituzione e l'aggiornamento di una banca di dati da parte di imprese commerciali che quanto meno si attendono un ritorno o una remunerazione di investimento.

Per l'archeologia invece non esiste un mercato diffuso e pagante di informazione tale da stimolare iniziative private per la costituzione di banche di dati e l'iniziativa è affidata ai soli enti pubblici.

Il terzo e forse più grave problema per la costituzione di banche di dati archeologici è costituito dalla mole enorme dei reperti e dati archeologici che si raccolgono annualmente e dalla circolazione limitata di informazioni a questi relative, fatta eccezione naturalmente, per le notizie "sensazionali" che assurgono al livello di cronaca giornalistica.

Paradossalmente si scrive più di archeologia che non di elettronica o fisica e sono di gran lunga più numerosi i ritrovamenti e le scoperte archeologiche che non i ritrovamenti fisici o tecnologici.

Con queste premesse si può spiegare perché,a dispetto della potenziale indiscussa utilità, le banche di dati archeologici non abbiano ancora una vasta diffusione e molte delle realizzazioni effettuate non abbiano avuto il successo atteso.

Le prime realizzazioni di banche di dati archeologici hanno avuto come oggetto la catalogazione e l'inventario delle dotazioni museali [26].

Fin dal 1967 diversi musei di New York e la National Gallery si sono consorziati per la costituzione di una rete di banche di dati nota come "Museum Computer Network" (sistema GRIPHOS).

Anche la Smithsonian Institution ha costituito una banca di dati per l'inventario e la descrizione della sua collezione di storia naturale (Sistema SELGEM).

L'Arkansas Archeological Survey, ha iniziato nel 1969 la costituzione di una banca di dati strettamente archeologici relativa a tutto lo stato dell'Arkansas.

Gli oggetti (items) di registrazione in tale banca di dati non sono esclusivamente artifatti (oggetti museali) ma anche caratteristiche archeologiche come focolari, buche di pali, fosse per rifiuti, elementi strutturali che non trovano collocazione nei musei e che spesso vengono distrutti dallo scavo. Anche i siti archeologici costituiscono oggetto di registrazione.

Con il 1969-70 si è avviata in Francia la realizzazione di un progetto estremamente ambizioso: l'"Inventaire Général des Monuments et des Richesses Artistiques de la France" (sistema SATIN) che si propone di costituire un archivio del patrimonio artistico/archeologico francese classificato e descritto in modo rigoroso, così da consentire operazioni di analisi degli oggetti e al limite elaborazioni statistiche [27].

Ciò ha richiesto la definizione di un metalinguaggio con una complessa struttura sintattica per l'analisi e l'interrogazione.

Questo progetto rappresenta un tentativo estremo di raccolta e integrazione di dati in una banca, suscettibile di impiego per diversi scopi e applicazioni.

Questi primi sistemi di automazione, ed altri avviati nello stesso periodo, erano prevalentemente, per ragioni contingenti legate allo stadio di sviluppo allora raggiunto dai sistemi EDP, di tipo batch oriented, e facevano uso prevelentemente di nastri magnetici come memorie di massa.

La consultazione interattiva in ambiente multiutente era praticamente impossibile e i tempi di risposta estremamente lunghi.

Di fatto il rapporto utente-banca di dati era indiretto per l'intermediario di operatori, peraltro necessari per la traduzione delle esigenze dell'utente nel metalinguaggio di sistema.

Queste limitazioni hanno scoraggiato l'impiego di tali risorse, la cui utilizzazione non ha corrisposto alle attese, e hanno dato spunto, a posteriori, a molte critiche [28].

In particolare, si è sottolineato, l'impostazione di strategie di ricerca richiede uno studio preliminare della complessa struttura del metalinguaggio mentre le banche di dati più recenti dimostrano largamente come anche in assenza di "regole complicate", l'interrogazione interattiva di una banca di dati "on line", consenta di ottenere i risultati voluti con strategie di ricerca elementari che vengono affinate nel corso del processo di interrogazione.

Più oggettivamente si può riconoscere che questi limiti sono ben spiegabili in un prospettiva storica, e la questione più importante da chiarire può essere semmai perché non si è tentato di rendere il sistema più moderno.

Anche in Italia, da diversi anni è stato avviato per iniziativa di alcune Sovraintendenze ai beni culturali, con la collaborazione del CNUCE di Pisa e il supporto del CNR, un progetto analogo, e avendo avuto la fortuna di partire tardi, questo progetto, che usa un moderno sistema di immagazzinamento e reperimento delle informazioni con memoria virtuale e possibilità di "retrieval" interattivo, è citato ad esempio, insieme al National Inventory Program sviluppato in Canada, di come dovrebbe essere organizzata una banca di dati archeologi [29].

Come e da chi potrà essere usata questa banca di dati, quale sarà la sua "copertura" e quali i risultati ottenibili, è un interrogativo a cui per ora non sono in grado di rispondere.

Un messaggio di cautela deve tuttavia essere rinnovato: allo stato attuale della tecnologia informatica, le banche di dati per quanto strumento utilissimo non soddisfano integralmente le esigenze degli utenti.

Nella maggior parte dei casi esse servono solo per il reperimento indiretto di informazioni, dicono in sostanza dove una informazione utile è stata pubblicata e dove attualmente può essere trovata e spostano un pò più a valle, a un livello banale se vogliamo, ma tale comunque da incidere sul successo di una ricerca il problema del reperimento di informazione.

Non c'è niente di più sconfortante che sapere ciò che si vuole, cercarlo nelle biblioteche e negli archivi e non trovarlo perché non disponibile.

Fortunatamente la tecnologia informatica evolve rapidamente e si prevede che già a partire dal 1987 saranno disponibili archivi elettronici in gradi di fornire in tempo reale, non solo indicazioni bibliografiche o riassunti ma anche l'intero testo e le figure dei documenti che servono.

Questa prospettiva, ridimensiona la problematica a lungo dibattuta in passato, della necessità di una definizione di codici di descrizione standard della tipologia litica, ceramica, metallica e più in generale dei reperti.

Se è vero che ai fini dell'analisi statistica, la classificazione dei reperti è essenziale, la loro rappresentazione in un calcolatore non richiederà più la compattazione di tutta una molteplicità di attributi di forma, superficie, decorazione, in una pluralità di codici sintetici, in quanto sarà possibile restituire, mediante calcolatore,

una immagine precisa dei diversi oggetti e reperti.

7 - Evoluzione tecnologica e problemi metodologici e istituzionali

Nel considerare storicamente l'uso e le applicazioni specifiche dei calcolatori elettronici in archeologia non si può prescindere dall'esame di aspetti completamente diversi e pur tuttavia strutturalmente dipendenti dal processo di informatizzazione, quali le prestazioni dei sistemi in relazione allo stato della tecnologia, il loro costo di appropriazione e di esercizio, la responsabilità della loro amministrazione e i risultati desiderati.

Negli anni '60 il panorama del mondo EDP era dominato dai grandi "mainframe" accessibili solo a enti e istituzioni dotati di notevoli risorse economiche.

Il loro esercizio richiedeva l'impiego di personale specializzato quindi costi elevati e la necessità di una saggia gestione delle risorse fatta da personale più orientato alle esigenze amministrative che non alle problematiche degli archeologi.

Queste difficoltà di ordine "burocratico" hanno certamente costituito una remora al diffuso impiego dei calcolatori nelle attività archeologiche. Inoltre, se per l'elaborazione statistica e l'analisi dei dati su base locale e limitata era possibile fare ricorso temporaneo a sistemi installati presso enti universitari, l'impostazione di sistemi documentali di più ampio respiro richiedeva la destinazione e la programmazione specifica di risorse a questo scopo, la necessità di definire a priori i diversi tipi di prestazioni attese dal servizio, per evitare di dare soluzioni parziali al problema.

Quindi anche dal punto di vista metodologico, la messa a punto di sistemi che per esigenze di generalità nelle prestazioni finiscono col soddisfare solo parzialmente le esigenze specifiche degli utenti potenziali [30].

Sul finire degli anni '70, con l'evoluzione della tecnologia e la comparsa sul mercato dei micro e minielaboratori e di memorie di massa ad accesso veloce, di capacità non trascurabile e soprattutto di costo limitato (Unità Winchester, floppy disk) e con il contemporaneo affermarsi di linguaggi di programmazione molto semplici quali il BASIC insieme alla diffusione di pacchetti applicativi grafici e statistici, si è aperta una nuova prospettiva [29].

Lo strumento informativo diventa per costo e facilità di uso un bene molto più facilmente accessibile, e sopratutto gestibile direttamente dallo studioso di archeologia senza grosse complicazioni amministrative.

Tuttavia anche in questo momento storico non sono mancate le delusioni perché evidentemente esiste un livello minimo di risorse EDP che è in funzione dei risultati attesi. Si presenta il rischio, e non mancano le evidenze in questo senso, di una parcellizzazione degli investimenti informatici da parte di una molteplicità di enti e di privati con il risultato di avere a disposizione strumenti inadeguati alle effettive esigenze.

Entro certi limiti è bene che il mondo dell'archeologia non dimentichi il fondamentale messaggio lasciato dai "mainframe".

Il calcolatore è uno strumento costoso: comporta un investimento a cui deve far fronte uno sfruttamento effettivo, non un uso occasionale.

Il calcolatore è uno strumento flessibile e quindi si presta a uno sfruttamento effettivo perché puó essere impiegato per soddisfare esigenze diverse.

In effetti non riesco a immaginare un istituto di ricerca archeologica, un museo, uno studioso o un gruppo di studiosi di archeologia che avendo a disposizione un piccolo sistema di elaborazione dati, riesca ad impegnarlo in modo continuo.

È certo che per la maggior parte del tempo il sistema, ancorché piccolo, resterà inattivo.

Perchè non usarlo, nei tempi "morti", per altre attività, come per esempio attività didattiche?

Non molto tempo addietro ho avuto occasione di visitare a Varese la mostra dedicata agli insediamenti palafitticoli in Italia.

In una vetrina, ben protetto e inaccessibile al pubblico, era esposto un minicalcolatore programmato per presentare sullo schermo una sequenza di testi che illustravano il metodo dendrocronologico, i suoi problemi e le sue applicazioni in archeologia.

Una volta vinte le diffidenze e le remore nel mettere a disposizione del pubblico uno o più terminali interattivi non è fuor di luogo pensare a un calcolatore interrogabile, attraverso "menu" ossia lista di argomenti predisposta, su tematiche di specifico interesse del visitatore.

Il calcolatore può quindi diventare uno strumento di approfondimento culturale come lo sono le attrezzature di cineproiezione e fotoproiezione comunemente usate in molti musei.

Con il vantaggio di consentire un rapporto interattivo, di conseguire un tasso di utilizzare delle risorse più elevato e, perché no? di stimolare il visitatore a un maggior contatto con le istituzioni di ricerca e gli enti museali.

CONCLUSIONE

Se in alcuni il calcolatore può avere suscitato la speranza di costituire uno strumento miracoloso in grado di fornire risultati e scoperte strabilianti in archeologia, questa speranza è stata delusa.

Una volta di più il "cervello elettronico" al di là delle mitizzazioni o demonizzazioni che ne sono state fatte e che continuano a farsi, si è dimostrato un semplice strumento nelle mani, in questo caso, dell'archeologo.

Se vogliamo, anche i più importanti contributi che il calcolatore ha portato alla soluzione dei problemi archeologici, costituiscono un risultato prevedibile fin dal primo momento che il calcolatore è programmato e interrogato per la soluzione del problema.

Il merito del calcolatore, e merito non trascurabile, è solo quello di rendere espliciti in maniera economicamente fattibile, dei risultati altrimenti impossibili a conseguirsi o conseguibili a costi e tempi rilevanti.

E da questo punto di vista, anche in archeologia il calcolatore è stato estremamente utile.

Dal punto di vista concettuale, tuttavia, si deve sottolineare come il calcolatore abbia portato in archeologia un contributo ben più rilevante.

Si può discutere la relazione di causa-effetto esistente tra l'esigenza di sempre maggior rigore scientifico che impronta l'archeologia moderna e l'uso dei calcolatori.

Si potrebbe anche sostenere la tesi che l'uso dei calcolatori in archeologia sia l'effetto, non la causa di questo maggior rigore scientifico, che in fondo era già nell'aria da tempo.

Ma se così fosse non si può negare l'indubbio sinergismo che il calcolatore ha determinato.

Ogni volta che si vuole utilizzare il calcolatore per l'esecuzione di un processo logico, il processo deve essere scomposto, analizzato, convertito in un linguaggio inequivocabile.

È necessaria cioè una presa di coscienza degli strumenti logici usati, della verità e validità dei dati di partenza, della significatività e attendibilità dei risultati.

L'uso del calcolatore impone questo processo di analisi preliminare, trasforma il rigore logico-matematico, da una semplice intenzione o aspirazione in una necessità, modifica l'habitus dell'archeologo.

L'archeologia ridotta a fredda logica? Fascino della scoperta, del bello, dell'antico che scompare?

Non lo credo proprio: non si tratta di sostituire un valore ad un altro, ma solo di usare uno strumento di rigore in più per dare un maggior fondamento e maggiore rilevanza a valori inalterati, per rendere ancora più effettivo l'apprezzamento del bello, la suggestione dell'antico e il gusto della scoperta.

RINGRAZIAMENTO

L'Autore desidera ringraziare l'ing. Luigi Pezzoli, un precursore nell'uso dell'elaboratore in archeologia, e gli amici della Sezione finalese dell'Istituto Internazionale di Studi Liguri, il cui cordiale incoraggiamento e contributo documentario è stato prezioso nella stesura di questo scritto.

Egli chiede altresì venia per le inevitabili lacune ed omissioni.

NOTE E BIBLIOGRAFIA

[1] Alcuni esempi possono rendere lampante il concetto.

a) Per il monumento megalitico di Stonehenge si è fatta l'ipotesi di una relazione tra l'architettura e determinati eventi astronomici.
L'incognita di una datazione precisa del monumento da un lato e degli eventi astronomici dall'altro, rendeva impossibile la definizione di una relazione se questa esisteva.
Mediante il calcolatore, sulla base di un rilievo topografico del monumento è stato possibile identificare una possibile relazione ed effettuare una datazione; peraltro oggetto di discussione non perché il calcolatore abbia sbagliato, ma perché il rilievo topografico non era stato fatto con il dovuto rigore e quindi l'"input" al calcolatore era sbagliato.
(Cfr. Gerald S. Hawkins "Stonehenge Decoded"New York, Garden City: Dubleday 1965).

b) La tomografia assiale computerizzata, uno strumento di indagine non distruttivo assai più potente dell'esame radiografico, è stata mutuata dal campo medico e usata per lo studio delle caratteristiche interne di reperti archeologici, nella fattispecie una mummia egiziana.
(Cfr. J. Bockling - "The computer and the mummy"Umschau in Wissenschaft und Technik Vol 81' N. 12, Giugno 1982)

c) Nella definizione delle serie dendrocronologiche e nella sincronizzazione di curve "madre" o di riferimento si fa largo uso di calcolatori.
(Cfr. Boccaleri, Pasini: "Dendrocronologia e microelaboratori" e l'ampia bibliografia ivi fornita in "Archeologia Medioevale" pag. 547-554 vol. X 1983).

d) L'elaborazione di immagini con il calcolatore consente di estrarre da immagini o più in generali dati traducibili in forma grafica e affetti da rumore (disturbi), informazioni molto più significative. L'applicazione più nota e nello studio della Sindone ma anche la restituzione di mappe archeologiche da riprese fotografiche non può essere taciuta.
(Cfr.: G. Tamburelli: Studio della Sindone mediante il calcolatore elettronico. L'Elettrotecnica vol. LXX n. 12 Dic. 1983 pag. 1135-1149).

e) Nelle prospezioni archeologiche condotte con mezzi elettrici, radioelettrici, geosismici (acustici), il calcolatore giuoca un ruolo essenziale. È famosa in tutto il mondo l'attività svolta in questo campo dalla Fondazione Lerici e sono ben noti i suoi successi.
(Cfr.: S. Moscati - Italia ricomparsa - T.C.I. pag. 42-45 1983 L.C. Vanoni - L'uso del calcolatore elettronico in archeologia Palatino (1967) pag. 191-193 - R.E. Linington "Ancora sull'uso del calcolatore elettronico in Archeologia" Palatino (1967) pag. 1-12 - K. Ozawa - "Computer assisted techniques for detecting underground remains based on acoustic measurements" Archaeometry Vol. 21 I pag. 87-100 Febbr. 1979.

[2] Citazione indiretta da *"Introduction to Computers in the Humanities"* IBM data Processing Application 1971 (GE20-0382).
[3] Si veda ad esempio per la definizione di archeologia come metodo: Paola Sereno *"L'archeologia del paesaggio agrario: una nuova frontiera di ricerca"* in Campagna e Industria - I segni del lavoro - TCI 1981
Biagio Pace *Introduzione allo studio dell'Archeologia"* Mondadori 1947 pag. 13.

[4] Basti pensare da un lato alla ricerca delle più antiche tracce di industria umana (Oldovano) associabili all'Australopithecus e dall'altro a campi di ricerca come l'archeologia industriale e l'archeologia post medioevale.
Può sembrare strano che esista anche l'archeologia post medioevale e in effetti, in Italia e in Europa, la relativa continuità degli insediamenti storici recenti e la ricchezza di documentazione scritta lasciano poco spazio all'integrazione che il metodo archeologico può fornire, ma negli Stati Uniti, per esempio, la mobilità degli insediamenti rurali, unitamente alla deperibilità delle strutture edilizie usate, rendono il metodo archeologico uno strumento fondamentale per la raccolta di informazioni per il passato più prossimo.
In altre parole la colonizzazione del nuovo continente e l'epopea del Far West, non diversamente dall'epopea omerica diventano un fatto archeologico.

[5] Molto spesso non solo esiste un sito da scavare ma si verifica una necessità immediata di scavo pena la sua perdita e scomparsa irrimediabile.
Un esempio è costituito dai lavori in corso per una nuova linea della metropolitana milanese che ha imposto in tempo e luogo gli scavi archeologici di Piazza Duomo.
In questo caso specifico la ricerca archeologica è stato condotta in maniera esemplare ma in altri casi si è costretti a un recupero parziale e campionato del sito (Archeologia di recupero).

[6] La figura 3 può dare una idea della densità di reperti che si accumulano in un sito archeologico. Una densità di 1000 reperti per m^3 non è affatto eccezionale e uno scavo di 20 m^3 è senz'altro un piccolo scavo.

[7] Enciclopedie Cambridge - Archeologia - pag. 23 - Laterza 1981.

[8] Per restare nel campo di casa nostra, si può ricordare che in Val Camonica sono state identificate più di 200.000 incisioni rupestri la cui inventariazione e classificazione comporta evidentemente problemi formidabili.
In relazione alle sue dimensioni e alla sua ricchezza è prevedibile che anche il giacimento paleolitico di Isernia, in corso di scavo restituisca un numero rilevante di reperti.

[9] J.A. Brown B. Berner *"A on site data management system application in field archaeology"* Communication of A.C.M. Nov. 1974.

[10] Si veda anche: Ned Heite Lou Heite *"Breaking the Jargon Barrier"* in Byte Luglio 1982

[11] Paul Mac Hendrick: *"Le pietre parlano"* Sugar Editore 1964

[12] R.E. Leakey R. Levin - *"Origini"* pag. 80-83 Laterza 1979

[13] G.W. Brainerd *"The place of Chronological Ordering in Archaeological Analysis"* American Antiquity 16 (1951) 301-313

[14] W.S. Robinson *"A method for chronologically Ordering of Archaeological Deposits"* American Antiquity - 16 (1951) 293-301

[15] G.L. Cowgill *"Computer applications in archaeology"* AFIPS - Fall Joint Computer Conference 1967 pag. 331-337

[16] Per es.: Ascher M, Ascher R. - *"Chronological Ordering by Computer"* American Anthropologist 65 (1963).

[17] Gigi Pezzoli: *"La gestione di grandi masse di dati nello studio della ceramica preistorica".*
Comunicazione presentata al centro Studi Preistorici ed Archeologici di Varese-Angera 27-5-1976 in SIBRIUM - Vol XIII 1976-77 pag. 529-545.

[18] M. Fletcher: G.R. Lock *"Computerised Pattern Perception within Post Hole Distributions"* Science and Archaeology n. 23 (1981) pag. 15-20

[19] S.S. Lukesh, S. Howe: *"Protoappennine Vs. Subappennine. Mathematical Distinction between two ceramica phases"* Journal of Field Archaeology Vs. 1978 pp 339-347.

[20] J.A. Brown: The use of computers in Archeological Research. Annual meeting of the Society for American Archaeology Boulder - Colorado 1963.

[21] S. Simone: Choppers et bifaces de l'Archeuléen mediterranéen essentiellement d'après le materiaux de Terra Amata (Alpes Maritimes France) ed de Venosa (Basilicata Italie) Musée d'Antropologie et Prehistoire - Monaco 1979

[22] Ned Heite Lon Heite: *"Breaking the jargon Barrier"* BYTE Luglio 1982

[23] Autori vari: Raisonnement et méthodes matématiques en archéologie C.N.R.S. 1977 Paris.

[24] In proposito vale la pena di citare un fatto, assurto di recente alla cronaca: nel 1887 Padre G.B. Amerano scavò nella caverna delle Fate a Finale Ligure e raccolse numeroso materiale litico ed osseo (resti di orso delle caverne);
È solo nel 1981, quasi cento anni dopo, che il prof. G. Giacobini, docente di anatomia umana all'università di Torino, ha identificato, attraverso un riesame sistematico del materiale "Amerano" giacente nei magazzini, una emimandibola e un frammento di frontale di bambino neandertaliano.
Questa scoperta ha dato avvio, nello scorso anno, a nuove attività di ricerca nella caverna, attività che hanno già portato a nuovi importanti ritrovamenti e promettono ulteriori scoperte.
Si veda in proposito *"Tuttoscienze"* supplemento a La Stampa n. 121 23 Maggio 1984 pag. I

[25] M.O.H. Carver: Valutazione, strategia ed analisi nei siti pluristratificati. Archeologia Medioevale X 1983 pag. 49-71

[26] A. Richaud: Apercu sur le banques de données archéologiques a l'étranger CNRS Centre d'analyse documentaire pour l'archeologie. 1972

[27] E. Chouraqui: The index and filing system used by the Inventaire General des Monuments ed des Richesses Artistiques de la France.
Computer and the Humanities Vol 7 N. 5 Maggio 1973 pag. 273-285

[28] G. Salton: The documentation System SATIN I Computer and the Humanities Vol. 15 n. 1 Giugno 1981 pag. 40-44

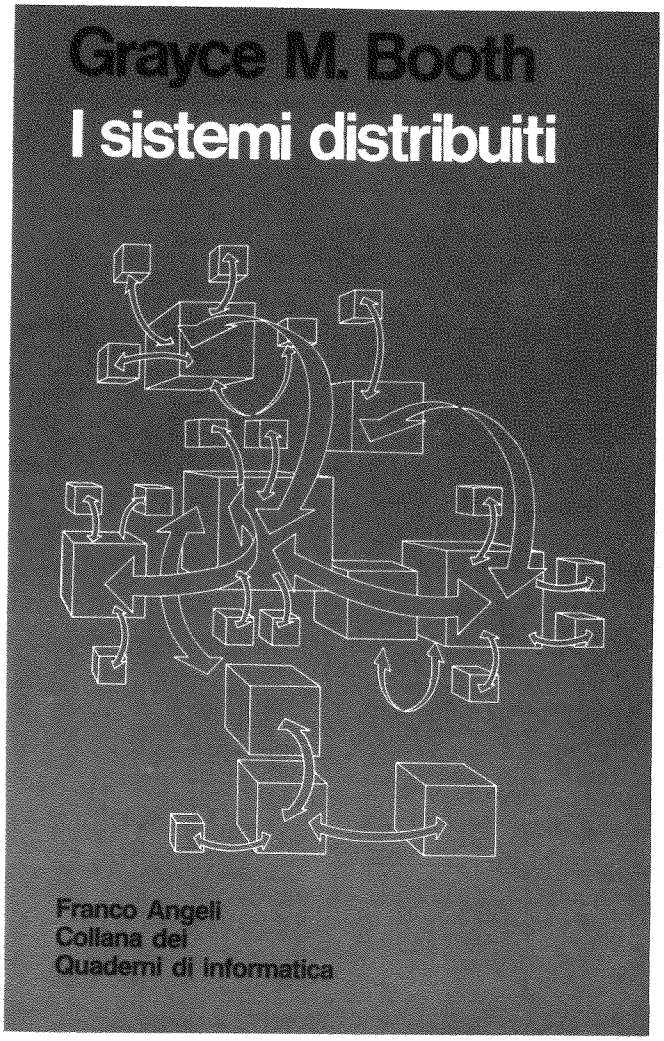
[29] J.J. PAIJMANS, A.A. VERRIJN-STUART: A new approach to automated museum documentation. Computer and the Humanities Vol. 16 n. 3 NOV 1982 Pag. 145-155.

[30] J.C. Gardin: les banques de données archeologiques: problèmes metodologiques technologiques et institutionelles; C.N.R.S. Centre d'analyse documentaire pour l'archeologie; 1972

BIBLIOTECA
NOVITÀ

I sistemi distribuiti

di Grayce M. Booth



È uscito il numero 11 della "Collana dei Quaderni di Informatica" edita dalla Franco Angeli e curata dalla Honeywell Information Systems Italia. Si tratta de "I sistemi distribuiti" di Grayce M. Booth (traduzione di Vittorio Belski, pp. 342).

Oggi si stà manifestando una forte tendenza verso la distribuzione delle risorse di elaborazione. Ciò vuol dire, da un lato, che centri di elaborazione dati fin qui indipendenti vengono collegati fra loro e, dall'altro, che si creano sistemi informativi complessi con elaboratori di grandi dimensioni, gli host computer, con minielaboratori e con un gran numero di terminali, spesso intelligenti.

Si può rilevare questa tendenza verso la distribuzione di funzionalità anche dall'uso sempre più frequente di termini come sistemi distribuiti, elaborazione distribuita, basi di dati distribuite, e così via.

Questa materia di grande attualità, ma anche di grande complessità tecnica e soggetta spesso a confusioni terminologiche, viene affrontata forse per la prima volta in maniera organica dal presente volume, che è frutto della lunga e vasta esperienza acquisita dall'autrice in una grande azienda internazionale (la Honeywell Information Systems) progettando e verificando sistemi distribuiti in tutto il mondo. Grayce Booth propone in queste pagine una sintesi dei problemi concreti, delle soluzioni, delle difficoltà che si incontrano nello sviluppo di un sistema di grandi dimensioni realizzato distribuendone le funzionalità.

Il volume si rivolge con linguaggio privo di tecnicismi astrusi al lettore conducendolo passo passo, attraverso le necessarie definizioni preliminari, ad avere una visione chiara e globale delle possibilità (e dei limiti) degli attuali sistemi distribuiti con preciso riferimento alle attività svolte o in corso di realizzazione da parte delle maggiori case costruttrici impegnate su questo versante dell'informatica.

I problemi esaminati nel libro toccano tipicamente le tre aree dell'elaborazione, delle basi di dati e della trasmissione dei dati. Vengono tenute presenti le possibilità dei mezzi hardware, software e di trasmissione che sono oggi disponibili o che sono previste a breve termine.

Gli ultimi capitoli sono interamente dedicati all'analisi dei problemi e delle opportunità che queste nuove architetture di sistema offrono a coloro che dirigono strutture edp nell'ambito di organizzazioni private e pubbliche.

Grayce M. Booth lavora nel settore dell'elaborazione dei dati sin dalla fine degli anni '50. Ha collaborato allo sviluppo di sistemi applicativi, alla progettazione e alla realizzazione di sistemi operativi, di basi di dati e di software di rete. Dalla metà degli anni settanta ha acquisito una vasta esperienza sui sistemi distribuiti definendone i requisiti, coordinandone gli sviluppi assieme ai progettisti e assistendo in questa materia utenti di elaboratori Honeywell. Ha tenuto numerose conferenze negli Stati Uniti, in Europa e in Giappone ed è attualmente lettrice di sistemi distribuiti nell'ambito dei seminari dell'ACM (Association for Computing Machinery). È autrice di molti articoli tecnici e del libro "Functional Analysis of Information Processing".